IRRIGATION DANS LES PRAIRIES

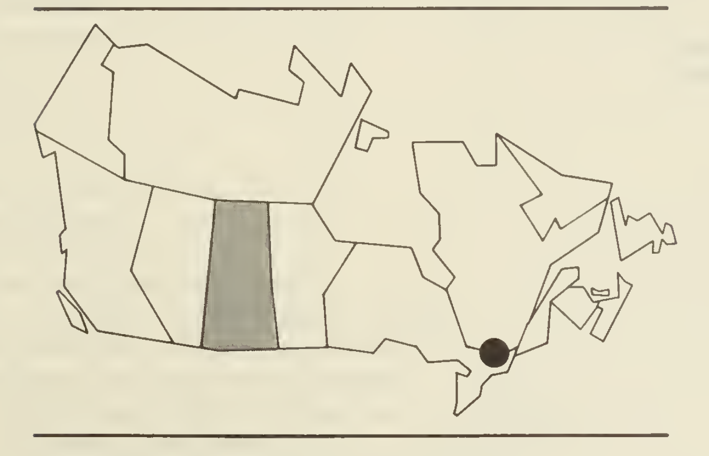
PUBLICATION 1488
1977



Agriculture
Canada



PUBLICATION FÉDÉRALE/PROVINCIALE



CANADA / SASKATCHEWAN

IRRIGATION DANS LES PRAIRIES

Cette publication a d'abord été rédigée par le service de vulgarisation du ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan. Le ministère de l'Agriculture du Canada a accepté de la publier en vertu du Programme coopératif de l'édition sur le plan fédéral-provincial et régional.

H.C. KORVEN, Station de recherche, Direction de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada, Swift Current, Saskatchewan.

W.E. RANDALL, Direction de la conservation et de l'amélioration des sols, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan, Regina, Saskatchewan.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
PUBLICATION 1488
ÉDITION 1977

On peut obtenir des exemplaires de cette publication à la
DIVISION DE L'INFORMATION
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
OTTAWA
K1A 0C7

2M—9:77
N^o de cat. A53-1488F
ISBN 0-662-00849-9

TABLE DES MATIÈRES

L'irrigation est la pratique qui consiste à compléter les précipitations naturelles par une application artificielle d'eau en vue de maximiser la production des récoltes. Elle nécessite une bonne planification parce que de nombreux facteurs y sont à considérer. Entre autres choses, il faut tenir compte de l'approvisionnement d'eau, de la topographie et des caractéristiques du sol dans leur rapport avec le type de production, les pratiques culturales et les méthodes d'irrigation. En outre il faut recourir à des accords légaux pour obtenir le droit d'utiliser l'eau.

Les systèmes d'irrigation peuvent être très simples ou excessivement compliqués. La planification peut être fort réduite, lorsque le système se limite à amener le débit d'une source sur 100 acres (40 ha) de terrain bas produisant du foin; par contre, elle devient parfois très complexe quand il s'agit de mettre en place un vaste système à fins multiples comprenant de grands réservoirs et un réseau de distribution très étendu.

Le coût d'une installation d'irrigation peut varier de moins de $50 à plus de $500 l'acre ($125 à 1250 / ha) selon la complexité et les complications de l'entreprise. Le coût élevé de celle-ci est suffisant pour inciter l'agriculteur à irriguer aussi bien et aussi efficacement que possible. Ce qu'il y a de plus important, cependant, c'est de réaliser qu'une bonne irrigation peut augmenter et multiplier les possibilités de l'économie agricole d'une région.

PLANIFICATION

Il existe trois façons fondamentales d'appliquer l'eau au sol:

- Irrigation superficielle — L'eau est appliquée en procédant par inondation totale comme dans l'irrigation des planches; par inondation partielle, comme dans la méthode par rigoles; ou par application à un taux très faible comme dans la méthode du « goutte à goutte ».

- Irrigation par aspersion — L'eau est fournie sous pression à des asperseurs rotatifs qui la font gicler en l'air. Le coût élevé de la main-d'oeuvre pour déplacer la tuyauterie à la main a accéléré le développement de systèmes se déplaçant mécaniquement tout comme les réseaux mobiles déménagés par tracteur, la tuyauterie d'arrosage sur roues et les systèmes à point central de pivotement.

- Irrigation souterraine — L'eau est appliquée sous le sol de façon à ce que le dessus du sol ne soit qu'humecté.

Les méthodes superficielles et par aspersion sont les plus communément employées, et le choix fait par chacun dépend surtout de l'approvisionnement d'eau, de la topographie et du type de sol.

Approvisionnement d'eau

Quantité d'eau

Le type d'approvisionnement en eau décide souvent de la méthode d'irrigation. Un vaste réservoir dont on peut obtenir beaucoup d'eau par gravité convient bien à la méthode d'irrigation superficielle. Il peut en être de même avec un ruisseau à débit variable. Par ailleurs, un puits à débit faible mais soutenu irriguera probablement plus de terrain et cela d'une manière plus efficace s'il alimente un système d'irrigation par aspersion. Un puits de grande capacité, bien situé au centre d'un quart de section serait l'idéal pour alimenter un système à point central de pivotement autopropulsé.

La quantité d'eau requise peut être exprimée en volume ou en débit. Si l'on prévoit une utilisation saisonnière de 18 po (45 cm) (tableau 1) à l'égard de 100 acres (40 ha), le volume net requis sera de 150 acre-pieds (1.5 pied sur 100 acres = 150 acre-pieds (180 000 m^3 ou bien 180 000 kl). En supposant une efficacité d'irrigation de 70 %, la quantité requise augmente à 214 acre-pieds (257 000 m^3 ou 257 000 kl), à quoi il faut ajouter les pertes par évaporation, s'il s'agit d'un réservoir en surface. Tenant compte d'une évaporation de 1.5 pied (0,45 m) et supposant que le réservoir couvre 30 acres (12 ha), il faudra 45 acre-pieds de plus (54 000 m^3 ou 54 000 kl), soit un total de 259 acre-pieds (311 000 m^3 ou 311 000 kl). Au stade de la planification, on utilise donc un chiffre moyen de 2.5 acre-pieds (7750 m^3 / ha ou 7750 kl / ha d'eau pour chaque acre à irriguer.

TABLEAU 1. EAU UTILISÉE PAR DIVERSES CULTURES

	Eau utilisée			
	Besoin en eau d'irrigation		Consommation absolue d'eau	
Culture	Sud de l'Alb.	Sud de la Sask.	Sud de l'Alb.	Sud de la Sask.
	po (cm)	po (cm)	po (cm)	po (cm)
Luzerne	16 (40)	20 (51)	26 (66)	26 (66)
Luzerne et brome		18 (46)		24 (61)
Pâturages	12 (30)		24 (61)	
Betteraves à sucre	13 (33)	14 (35)	22 (56)	24 (61)
Pommes de terre	14 (35)	15 (38)	20 (51)	21 (53)
Blé tendre	10 (25)		19 (48)	
Blé vitreux	10 (25)	13 (33)	18 (46)	21 (53)
Avoine	9 (23)		16 (40)	
Orge	10 (25)	13 (33)	16 (40)	19 (48)
Lin	5 (13)		15 (38)	
Maïs	8 (20)		15 (38)	
Tomatoes	7 (18)		14 (35)	
Pois	8 (20)	10 (25)	13 (33)	19 (48)

Consommation absolue d'eau: précipitations + irrigation + déficit d'humidité du sol.
Sud de l'Alberta: données de onze années (1950-1961); Sonmor (11).
Sud de la Saskatchewan: données de cinq années; Pohjakas et al. (9).

Si l'approvisionnement en eau provient d'un puits, il n'y aura pas de pertes par évaporation, et on l'exprime habituellement en débit de gallons-minute ou en L / min (les mesures utilisées dans ce texte sont américaines). Le débit requis peut être calculé d'après la formule suivante:

$$\text{débit} = \frac{27\,154 \times 1 \times A}{H \times D \times 60}$$

$$\frac{100\,000 \times 1\ (\text{cm}) \times A\ (\text{ha})}{H \times D \times 60} = L / \text{min})$$

où 27 154 est le nombre de gallons américains dans 1 acre-pouce (100 000 L (1 cm / ha)

1 = le nombre de pouces d'eau à appliquer (3.5 po en deux semaines) (8,9 cm).

A = le nombre d'acres à irriguer (100 acres) (40,46 ha).

H = nombre d'heures de fonctionnement par jour (22 heures).

D = nombre de jours pour irriguer une fois toute la superficie (12)

60 = nombre de minutes

$$\text{débit} = \frac{27\,154 \times 3.5 \times 100}{22 \times 12 \times 60} = 600 \text{ gpm (US)}$$

$$\text{ou } \frac{(100\,000 \times 8{,}9 \times 40{,}66}{22 \times 12 \times 60} = 2270 \text{ L}$$

860 gpm à une efficacité de 70 % (86 gpm à l'acre).

3250 L à une efficacité de 70 % (32,5 L / min / ha).

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est habituellement très bonne dans les Prairies parce que la source d'approvisionnement la plus commune est l'eau de surface provenant de la fonte des neiges. Toutefois, il est encore sage de la vérifier en envoyant un échantillon au Laboratoire d'analyse des sols de l'université la plus rapprochée.

Topographie

La topographie est le facteur physique le plus évident et influe sur le développement de l'irrigation probablement autant que l'approvisionnement d'eau. Le terrain peut être vallonné au point qu'il ne soit pas économique d'en préparer la surface pour l'irrigation superficielle. Si le sol est relativement de niveau dans une direction mais trop à pic pour des levées de planches, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des rigoles ou des asperseurs.

Un relevé topographique du terrain fait par un arpenteur constitue une exigence fondamentale à cet égard. Le tracé topographique qui en résulte indique les caractéristiques physiques de la surface du terrain au moyen de lignes de contours, ce qui permet de l'utiliser à la plupart des étapes de développement du projet: choix de la méthode d'irrigation, calcul du terrassement requis pour le nivellement du sol, disposition de la tuyauterie et des fossés, détermination de la taille convenant le mieux au cours d'eau fournisseur et la quantité d'énergie requise pour la pompe. Le dessin sera surtout utilisé pour le nivellement du terrain qui constitue un important aspect du développement de l'irrigation particulièrement dans les cas où l'eau est appliquée par une méthode superficielle.

La forme des champs et la présence d'obstructions comme des clôtures des lignes de poteaux peuvent aussi imposer des restrictions, particulièrement pour l'installation d'asperseurs. Les champs petits et irréguliers compliquent l'irrigation et l'exploitation de la ferme, mais les méthodes superficielles et les asperseurs se déménageant manuellement sont plus flexibles que les asperseurs à déplacement motorisé. Le système à tuyauterie sur roues est pratiquement limité aux champs à pente régulière d'un quart de mille (400 m) de largeur et libres d'obstructions comme des lignes téléphoniques ou de transmission d'énergie électrique. Le système à point central de pivotement est limité aux quarts de sections (64 ha) de terre sans obstruction.

Sol

Un sol peut être classé comme convenable, non convenable ou marginal pour l'irrigation. La texture du sol influe sur la méthode ou le type d'irrigation à utiliser. Ainsi, l'irrigation par asperseurs convient davantage aux sols à texture grossière comme les loams sablonneux parce que le taux d'infiltration plus rapide permet d'utiliser des asperseurs à débit plus élevé et de réduire le matériel requis. En outre, un taux élevé d'infiltration ne convient pas aux méthodes superficielles puisque les pertes augmentent avec la distance à parcourir. Ceci accroît les exigences en main-d'oeuvre et une diminution de la dimension des champs. C'est le contraire qui se produit dans les sols à texture fine; le faible taux d'infiltration permet des parcours prolongés comme il est désirable d'en avoir avec l'irrigation superficielle, mais ils limitent la taille des asperseurs, ce qui accroît le coût des systèmes d'aspersion car il faut alors plus de matériel que pour les sols à texture grossière.

La figure 1 décrit les méthodes qui conviennent le mieux pour diverses pentes de terrains et diverses textures de sols. Les méthodes varient passablement et, dépendent jusqu'à un certain point des frais d'immobilisation, sans nécessairement être restreintes aux endroits indiqués sur le diagramme.

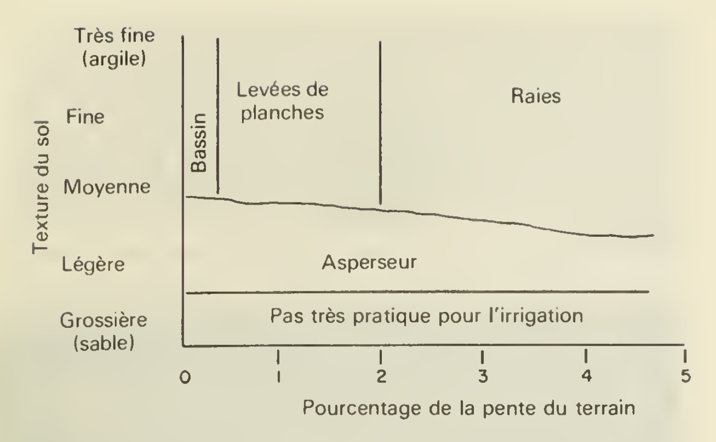


Figure 1. Rapports généraux de la topographie et de l'irrigation.

Aide disponible

L'appréciation de l'eau, de la topographie et du sol exige une aide technique disponible aux stations de recherche du ministère de l'Agriculture du Canada, à l'Administration du rétablissement agricole des Prairies, au ministère de l'Expansion économique régionale, aux universités et aux ministères d'Agriculture provinciaux. Outre l'aide technique, une aide financière est disponible sur demande pour le développement de projets privés ou de groupes. Les objectifs des programmes d'aide sont de stimuler la conservation des sols et de l'eau en agriculture et pour améliorer l'utilisation de l'eau et des sols. Les directions avec lesquelles il faut communiquer pour l'aide technique et financière sont: au gouvernement fédéral, l'Administration du rétablissement agricole des Prairies du ministère de l'Expansion économique régionale; au Manitoba, la Division du génie agricole du service de vulgarisation du ministère de l'Agriculture du Manitoba; en Saskatchewan, la Direction de la conservation et de l'amélioration des terres du ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan; en Alberta, la Division des ressources hydrauliques du ministère de l'Environnement de l'Alberta, et le Service de vulgarisation du ministère de l'Agriculture de l'Alberta. Il faut aussi communiquer avec le bureau provincial respectif réglementant les eaux pour en obtenir les droits d'utiliser l'eau.

MÉTHODES D'IRRIGATION

Irrigation superficielle

Les méthodes d'irrigation superficielle comprennent les inondations printanières, l'irrigation par rigoles de niveau, l'irrigation par fossés et levées, l'irrigation par rigoles et raies d'infiltration et celle par bassins. La plus communément pratiquée est l'irrigation des planches par levées pour une irrigation intensive durant toute la saison.

Inondation printanière

Comme son nom l'indique, la méthode de l'inondation printanière consiste à retenir les eaux printanières sur le terrain jusqu'à ce que la capacité du sol en eau soit à son maximum.
Cette méthode sert habituellement à augmenter la production de foin sur les terres basses. La plupart des années il ne s'y fait qu'une retenue d'eau au printemps. Ce système peut être limité à une levée munie d'une vanne installée dans la partie inférieure du palier pour capter l'eau et la laisser s'écouler sur le terrain bas. Des systèmes plus compliqués comportant une série de levées peuvent servir à contrôler et à réglementer l'écoulement de l'eau.



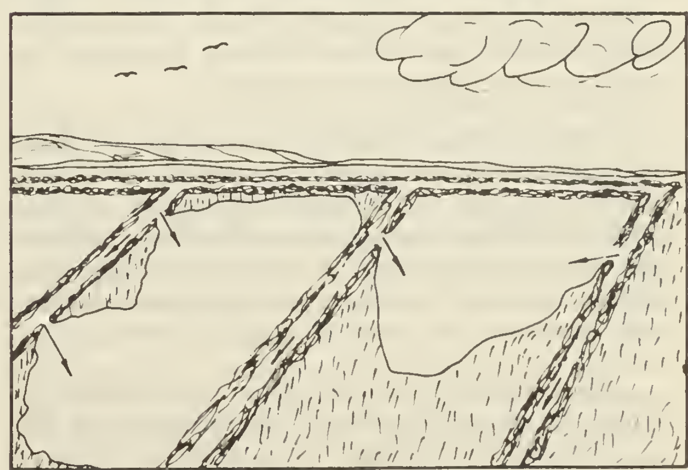


Figure 2. Irrigation des planches par fossés.

Le coût de cette méthode d'irrigation est relativement peu élevé et n'exige pas une augmentation considérable du rendement pour justifier les dépenses. Les données sur les rendements de nombreux systèmes d'inondation printanière étudiés à Swift Current* indiquent une grande variation des rendements d'une année à l'autre selon la saison.

* Rapports annuels non publiés de la Station de recherche de Swift Current, Sask.

Toutefois, en certaines années les rendements obtenus ont doublé ou même triplé ceux obtenus sur des terres arides.

Irrigation par rigoles de niveau

Cette méthode consiste à inonder abondamment le sol à partir de fossés disposés à peu près selon la courbe de niveau et espacés de 75 à 300 pi (23 à 90 m) l'un de l'autre. Comme cette méthode exige beaucoup de main-d'oeuvre pour n'assurer qu'une faible efficacité, elle ne devrait être utilisée qu'en attendant de terminer le nivellement du terrain pour adopter une méthode plus efficace.

Irrigation des planches par fossés et levées

Irrigation des planches par fossés — Dans cette méthode, des fossés espacés de 75 à 125 pi (23 à 38 m) descendent dans les champs et la planche qui les sépare est irriguée en y déversant de l'eau à partir de divers endroits du fossé (figure 2). Comme l'eau est appliquée à divers endroits de la partie inférieure du champ, on peut surmonter les inconvénients de la pente en introduisant l'eau aux points les plus élevés de la planche. Par ailleurs, les exigences en main-d'oeuvre sont passablement élevées et les problèmes posés par les mauvaises herbes sont source d'inconvénients pour l'exploitation agricole. Les fossés de planches sont très efficaces lorsque le terrain est de niveau, parce qu'en terminant l'irrigation on peut s'en servir pour drainer l'excédent d'eau. On recommande de ne considérer cette méthode que comme mesure temporaire au début de l'aménagement des terres.

Irrigation des planches par levées — Cette méthode consiste à construire, dans le sens de la pente du champ, des levées parallèles de 4 à 6 po (10 à 15 cm) de haut espacées de 30 à 65 pi (9 à 20 m) l'une de l'autre (figure 3). L'eau est introduite dans la planche à son extrémité supérieure puis s'étend entre les levées pour couvrir toute la planche.

Ce système peut être utilisé pour toutes les sortes de cultures et convient particulièrement bien aux cultures fourragères. C'est celle qui exige le nivellement le plus parfait mais elle peut être très efficace et exige très peu de main-d'oeuvre. Elle se limite habituellement aux sols ayant une pente inférieure à 2% bien qu'on l'ait utilisée avec succès sur des champs à pente plus prononcée.

La longueur de parcours dépend du type de sol. Cependant, la longueur peut être compensée jusqu'à un certain point par le débit de l'eau introduit dans la planche. Ce débit doit se situer entre le minimum pour répartir convenablement l'eau sur toute la planche, et le maximum qui peut être utilisé sans causer d'érosion (débit non érosif). Les longueurs de parcours peuvent varier entre 500 et 2000 pi (152 et 616 m) mais se situent généralement entre 800 et 1300 pi (243 et 396 m). Des longueurs de parcours de moins de 500 pi (152 m), en raison de changements dans la pente du champ ou parce que le sol est sablonneux, augmentent les exigences en main-d'oeuvre et ont tendance à morceler les champs au point de faire disparaître les avantages de cette méthode.



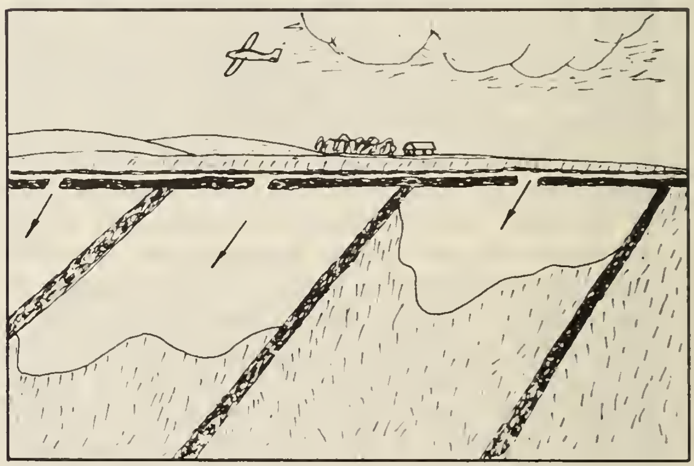


Figure 3. Méthode d'irrigation des planches par levées.

Comparaison entre les irrigations des planches par fossés et par levées — Ces deux méthodes ont été comparées à Swift Current (6) sur un sol à fine texture argileuse ayant une pente de 0.16% et des planches de 1680 pi (512 m) de long. Des planches de trois largeurs 75,100 et 120 pi (23,30 et 36 m) irriguées par fossés ont été comparées avec des planches de 65 pi (20 m) de large irriguées par levées. Cette étude a démontré que des planches de 1680 pieds (512 m) ne sont pas trop longues et que l'eau est appliquée aussi uniformément et aussi efficacement sur les planches de 125 pi (38 m) de large que sur les plus étroites 75 pi (23 m). Une analyse des données sur l'efficacité et sur le coefficient d'uniformité de l'application de l'eau n'a pas fait constater de différences importantes entre les deux méthodes. La moyenne d'efficacité pour l'application de l'eau a été de 70.5% et le coefficient moyen d'uniformité a été de 70.9%.

On a aussi analysé l'effet de la taille du cours d'eau d'irrigation et de l'humidité du sol au temps de l'irrigation sur l'efficacité et l'uniformité de l'application de l'eau. Ces analyses ont démontré que plus le sol était sec au temps de l'irrigation, plus s'amélioraient l'efficacité et l'uniformité de l'application d'eau. L'efficacité de l'application de l'eau n'est pas affectée par un changement dans la taille du cours d'eau, mais l'eau s'applique plus uniformément dans l'irrigation des planches par fossés lorsqu'elle provient de cours d'eau plus gros. L'étude a aussi démontré qu'il faudrait utiliser un petit cours d'eau pour l'irrigation des planches par fossés lorsqu'on fait une légère application. Cela va à l'encontre de l'idée courante qu'une faible application doit se faire en irriguant rapidement avec un gros cours d'eau.

Bien que les deux méthodes aient une même efficacité d'irrigation, il faut signaler que le terrain avait été préparé selon les normes d'irrigation des planches par levées. On n'a pas obtenu une efficacité comparable avec les normes inférieures qui sont suggérées pour la préparation du terrain en vue de l'irrigation des planches par fossés. En outre, les exigences en main-d'oeuvre pour l'irrigation et l'entretien des fossés sont plus élevées et les travaux de culture sont moins commodes, en ce cas, parce que les planches sont séparées. Toutes ces raisons font que l'on recommande fortement le système d'irrigation des planches par levées pour les cultures à croissance peu élevée dans les Prairies.



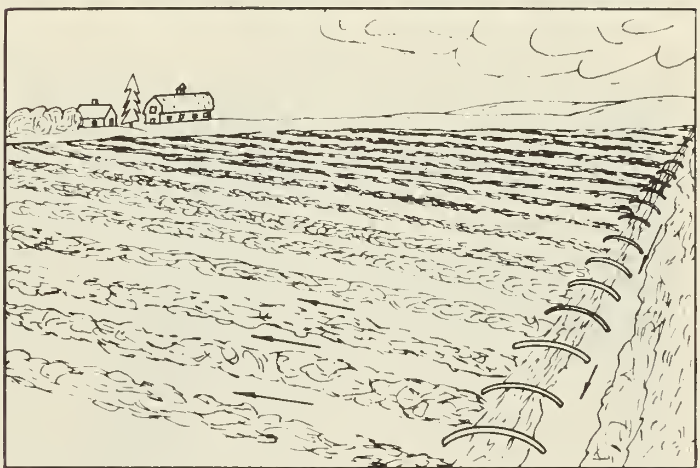


Figure 4. Méthode d'irrigation par raies et rigoles.

Rigoles et raies d'irrigation

Le système d'irrigation par rigoles et raies utilise de petits canaux qui descendent la pente des champs à espacements habituels d'environ 3 pi (90 cm) l'un de l'autre (figure 4). Les rigoles sont généralement plus grosses que les raies parce que les cultures peuvent se faire sur billons ou en rangs. Les raies sont utilisées pour les cultures à croissance rapprochée. Lorsque les pentes ne dépassent pas 1% et qu'il existe des fossés transversaux, les raies peuvent être utilisées pour diriger l'eau, mais si les pentes sont supérieures à 1%, elles sont utilisées comme les rigoles car on y introduit l'eau à leur partie supérieure sans les faire déborder. On peut irriguer efficacement de cette façon des champs dont la pente atteint jusqu'à 5%.

Les rigoles comme les raies conviennent mieux aux sols à texture fine puisqu'on peut alors utiliser des parcours plus longs. Elles sont particulièrement adaptées aux sols sujets à former une croûte superficielle parce qu'elles inondent seulement une partie de la surface du sol.

Le débit à dériver dans le canal est déterminé par la capacité de ce canal, le taux d'infiltration du sol et la longueur du parcours. Habituellement, le taux du débit au commencement se rapprochera de la taille du flot non érosif afin d'obtenir la longueur maximale de parcours, ce qui peut être estimé en divisant 10 gallons (45 litres) par le pourcentage de la pente; ainsi, une pente de 2% permet habituellement d'employer un débit de 5 gpm (23 L / min). La longueur maximale du parcours ne peut être déterminée que par des essais sur place ou en établissant des comparaisons avec des systèmes déjà existants dans la région environnante. Les pertes se produisent par la percolation profonde et le ruissellement que l'on peut contrôler jusqu'à un certain point, tout en obtenant une application plus uniforme, si on laisse l'eau atteindre l'extrémité de la planche dans environ 20% du temps requis pour l'irrigation, et qu'on arrête alors le débit du cours d'eau. Cette nécessité de régulariser le volume du débit complique l'irrigation. On peut en arriver à un compromis entre le ruissellement et la percolation profonde tout en maintenant une efficacité relativement élevée. On a trouvé qu'une efficacité d'application peut être obtenue, sur sols loameux, en permettant au flot d'atteindre l'extrémité de la rigole en 20 à 50% du temps requis pour toute l'irrigation. Il se produira là encore des pertes par percolation profonde, mais elles ne seront pas excessives particulièrement sur les sols à texture fine.

D'une manière générale, ces méthodes peuvent être utilisées sur la plupart des cultures et particulièrement sur les plantes sarclées. Le coût de la main-d'oeuvre est généralement plus élevé qu'avec l'irrigation des planches par levées et le temps requis est quelque peu plus long, mais il varie beaucoup selon le capital investi pour amener l'approvisionnement d'eau aux canaux. Habituellement le coût est à peu près le même que pour l'irrigation des planches par levées, et si la topographie permet d'utiliser ce dernier système, on conseille d'y recourir plutôt qu'à celui des rigoles et des raies. Toutefois, il n'est pas rare que l'on utilise les deux méthodes. Par exemple, le sol peut être nivelé pour répondre aux normes de l'irrigation des planches par levées et l'on peut alors utiliser soit ce système, soit celui des raies pour diverses cultures de rotation.

Les exigences de nivellement du sol pour les rigoles et les raies sont habituellement beaucoup moindres qu'avec la méthode d'irrigation des planches par levées. Si l'eau d'irrigation doit être retenue dans les canaux, on peut alors tolérer beaucoup de pente transversale, cependant il faut prendre soin d'assurer une pente continue jusqu'à l'extrémité du champ. Des débris et des changements soudains dans l'angle de la pente peuvent causer des difficultés de fonctionnement. Le sol érodé d'une partie à pente raide du champ peut être déposé là où la pente s'amoindrit, bloquant ainsi le canal et faisant déborder l'eau. L'eau peut être fournie aux rigoles par un fossé avec de petits tuyaux d'alimentation ou des siphons ou par une tuyauterie fonctionnant soit par gravité soit avec la pression d'une pompe.

Les raies peuvent être utilisées en même temps que le système d'irrigation des planches par levées. Les raies aident à répandre l'eau sur toute la largeur de la planche et peuvent assurer une application plus uniforme de l'eau, particulièrement lors de la première irrigation après l'ensemencement alors que le sol est nu.

Irrigation par bassin

Cette méthode est fondée sur l'application rapide de l'eau d'irrigation à une surface de niveau ou presque et entourée de levées. La quantité voulue d'eau est introduite dans le bassin et retenue par les levées jusqu'à ce qu'elle soit infiltrée dans le sol. Cette méthode assure une application très efficace de l'eau, particulièrement lorsqu'on l'utilise sur les sols dont le taux d'infiltration est faible. Il est essentiel de maintenir la surface bien au niveau pour conserver cette haute efficacité d'application de l'eau. Le nivellement peut être excessivement coûteux lorsque la topographie de la surface n'est pas naturellement de niveau. Il faut inclure dans la planification, l'enlèvement de l'excédent d'eau d'irrigation ou de pluies par le drainage de surface.

Irrigation goutte à goutte

L'irrigation goutte à goutte est une nouvelle méthode qui a vu le jour en Israël et qui consiste à irriguer tout le champ en même temps par un écoulement continuel ou presque. L'eau est appliquée à la surface du sol près des plants par un dispositif d'égouttement lent (1 gallon à l'heure ou moins (4,5 L / h)) alimenté par un tuyau en plastique de faible diamètre (1 / 2 ou 3 / 4 de po (13 ou 19 mm)) qui se trouve aussi à la surface. L'espacement de ce réseau de tuyaux dans le champ dépend de la culture à irriguer. La Station de recherche de Summerland en Colombie-Britannique évalue actuellement la méthode goutte à goutte (12) à cause des avantages qu'elle semble offrir pour les vergers et les vignobles. Le tuyau à la surface ne constitue pas une obstruction à la surface des rangs permanents d'arbres fruitiers ou de vignes, et en raison de l'espacement de ces rangs, il faut moins de diapositifs d'égouttement à l'acre. Comme la surface du sol n'est pas mouillée entre les rangs et que les plantes ne sont pas mouillées comme cela se produit avec la méthode de l'aspersion, des activités comme l'éclaircissage et les pulvérisations peuvent être exécutées sans avoir à interrompre le programme d'irrigation. Cette méthode n'est pas considérée comme étant pratique dans les Prairies.

Automatisation de l'irrigation superficielle

L'automatisation de l'irrigation superficielle concerne l'utilisation de structures mécaniques qui font automatiquement dériver l'eau vers le champ en quantité appropriée et au temps voulu. La méthode d'irrigation des planches par levées est particulièrement bien adaptée à l'automatisation, mais la méthode par rigoles est plus difficile à mécaniser en raison de la difficulté d'obtenir une distribution uniforme d'eau dans toutes les rigoles.

L'irrigation superficielle peut être soit semi-automatique comme dans la méthode d'Humphreys (4) ou entièrement automatique comme dans la méthode mise au point par Haise, Kruse et Dimick (2). On peut donc faire son choix parmi toute une gamme de systèmes plus ou moins compliqués. A cause du coût, et parce que le préposé doit presque nécessairement se trouver sur place malgré l'automatisation, nous décrirons ici le système semi-automatique mis au point par Humphreys (4) dans son application pour l'irrigation des planches par levées.

Il y a deux sortes d'arrêts permanents utilisant la minuterie; ce sont les vannes de la chute et du tablier qui sont habituellement faites d'acier galvanisé et installées dans un mur de retenue. La vanne de la chute (figure 5) est retenue par une charnière au haut et reste normalement ouverte. La vanne du tablier (figure 6) est retenue par une charnière au bas et est normalement fermée. Avant chaque



Figure 5. Vanne de chute (vanne semi-automatique, normalement ouverte).



Figure 6. Vanne de tablier (vanne semi-automatique, normalement fermée).

irrigation, on règle le mécanisme de déclenchement pour ouvrir la vanne de la chute et fermer celle du tablier, puis la minuterie est réglée pour la durée d'irrigation voulue. Lorsque l'eau parvient à la structure, le flotteur est levé et l'horloge commence à fonctionner. A la fin d'un temps prédéterminé, la vanne de la chute se referme et celle du tablier s'ouvre. Une vanne a pression entièrement automatique (figure 7) s'ouvre lorsque l'eau atteint une certaine hauteur dans le fossé et se referme lorsque le niveau baisse.

Ces deux vannes servent à introduire ou à bloquer l'eau en différentes sections du champ. Une méthode employée dans le système d'irrigation des planches par levées consiste à placer la vanne à pression à la tête du fossé, et la vanne de chute dans la prise d'eau de distribution (figure 8). L'eau est retenue par la première vanne à pression et s'écoule à travers la vanne de chute ouverte sur la première planche. A la fin du temps prédéterminé, la minuterie actionne le mécanisme qui ferme les vannes et fait monter le niveau de l'eau à un point



Figure 7. Vanne à pression.

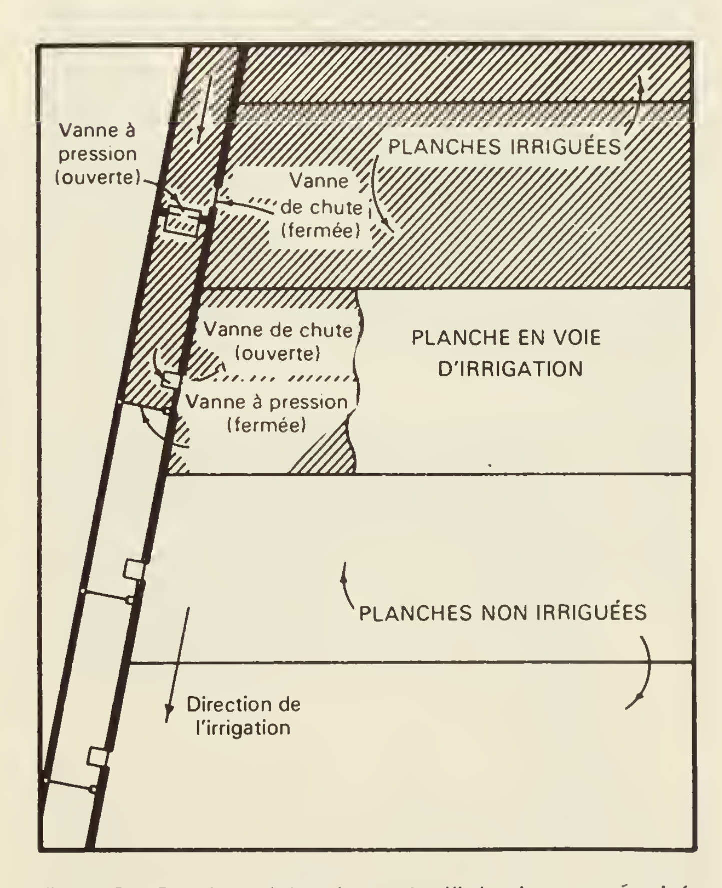


Figure 8. Dessin schématique de l'irrigation automatisée selon la méthode Humphrey (4) utilisant une vanne à pression dans le canal de distribution privé et une vanne de chute comme prise d'eau de distribution. La direction de l'irrigation est de l'amont vers l'aval du canal de distribution privé et la pente de celui-ci est minimale.

suffisant pour ouvrir la vanne à pression alors que l'eau s'écoule dans la section suivante. Cette paire de vannes peut aussi être disposée autrement; on place alors la vanne de chute dans le canal de distribution privé, et la vanne à pression dans la prise d'eau de distribution (figure 9). Lorsqu'on utilise cette méthode, la planche en aval du canal de distribution privé est irriguée la première, puis suivent les autres en remontant vers le dit canal de

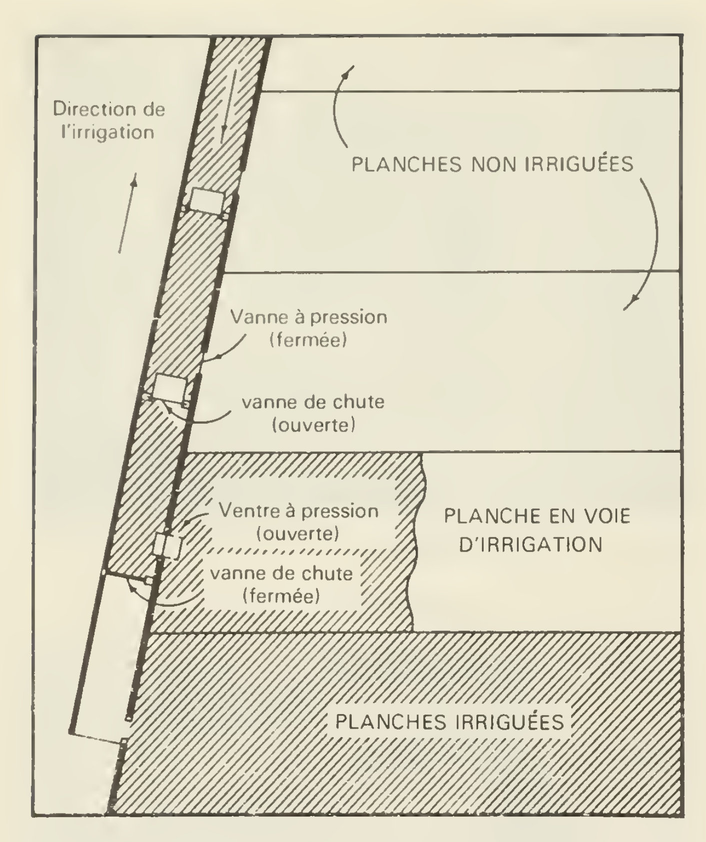


Figure 9. Dessin schématique de l'irrigation automatisée selon la méthode Humphrey (4), utilisant une vanne de chute dans le canal de distribution privé, et une vanne à pression comme prise d'eau de distribution. La direction de l'irrigation se fait de l'aval vers l'amont du canal de distribution privé.

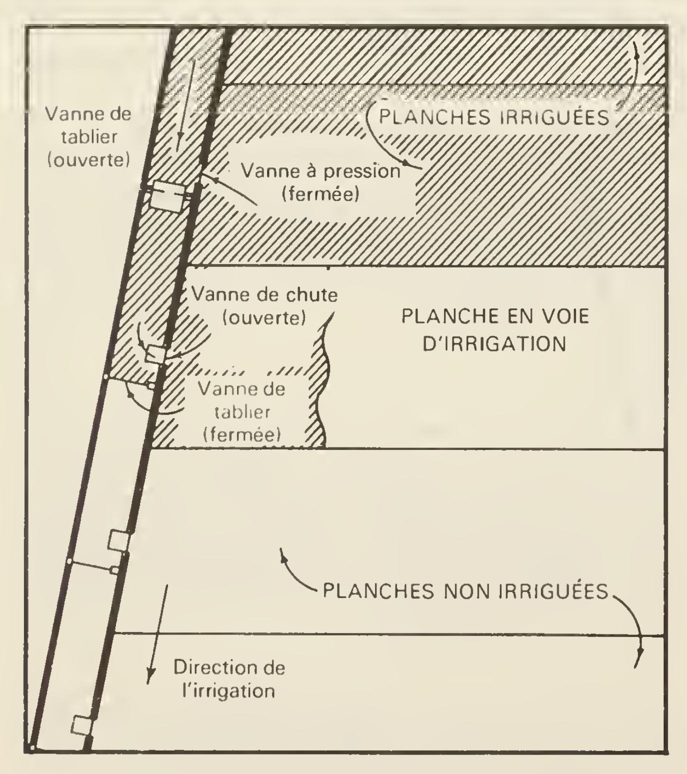


Figure 10. Dessin schématique d'irrigation automatisée utilisant une vanne de tablier dans le canal de distribution privé et une vanne à pression comme prise d'eau de distribution.

distribution privé. L'eau du canal est bloquée à l'extrémité et le niveau s'élève jusqu'à ce que la vanne s'ouvre. A la fin d'un temps prédéterminé, la première vanne de chute en aval se referme et la vanne à pression qui se trouve immédiatement au-dessus s'ouvre pour irriguer la deuxième planche. La figure 10 indique une méthode utilisant la vanne de tablier et la vanne à pression qui sont particulièrement bien adaptées aux canaux de distribution privés à forte pente.

A la Station de recherche de Swift Current, les coûts de fabrication ont été les suivants: vannes de chute et de tablier: $105 chacune; soit $39 pour la minuterie, $33 pour les matériaux (acier galvanisé de jauge 16) et $33 pour la main-d'oeuvre. Le coût de la vanne à pression a été de $52, dont $8 pour des matériaux et $44 pour la main-d'oeuvre.

Irrigation souterraine

Il existe maintenant une méthode d'irrigation souterraine d'innovation récente et passablement compliquée qui utilise des tuyaux en plastique d'un faible diamètre muni de petites ouvertures (1,8). On peut choisir entre diverses techniques mais la plus commune consiste à espacer les ouvertures pour l'égouttement à espacements d'un pied (30 cm) dans des tuyaux en polyéthylène d'un demi pouce (13 mm) que l'on enterre à 16 po (40 cm) de profondeur et à 4 pi (1,20 m) de distance les uns des autres. Le principe est un débit d'eau très lent, soit celui du rythme où elle est utilisée par les plantes de façon que cette eau parvienne continuellement et directement aux racines. On prétend obtenir ainsi de meilleures conditions d'humidité dans le sol en évitant les pertes par évaporation car la surface du sol n'est pas mouillée. Il est très difficile de trouver des données sur les coûts parce que cette méthode n'en est encore qu'au stade de développement et que l'on n'en compte jusqu'ici qu'un petit nombre d'installations servant à des fins expérimentales. Toutefois, le coût en est excessif et on l'évalue à environ $1500 l'acre ($3706 / ha). Parmi les autres désavantages qui l'affectent, signalons qu'il faut bien filtrer l'eau, que les ouvertures sont sujettes à s'obstruer, que l'eau tend fortement à descendre vers le bas à moins que le sol ne soit d'une texture fine, enfin qu'il provoque parfois des problèmes de salinité. Il sera très intéressant de suivre les progrès de cette méthode d'irrigation, mais il semble que son utilisation sera limitée aux serres ou à des cultures très spécialisées lorsque l'on aura réussi à surmonter les problèmes qu'elle pose.

Irrigation par aspersion

Le principal avantage de l'irrigation par aspersion est qu'on peut l'utiliser sur les sols difficiles ou impossibles à irriguer par les méthodes en surface. Parmi les autres avantages en dépit du coût élevé

de l'irrigation par aspersion, mentionnons un meilleur contrôle de l'application de petites quantités d'eau, sa simplicité qui permet de passer facilement de la culture de sols arides à la culture par irrigation, les préférences personnelles de l'exploitant et surtout de nouveaux systèmes mécanisés, faciles à déplacer.

Asperseurs portatifs

L'irrigation par asperseurs est devenue pratique, vers la fin de la décennie de 1940, lors de l'introduction de tuyaux légers en aluminium et de raccordements faciles à fixer. Les systèmes portatifs sont soit complètement mobiles, soit semi-mobiles; en ce dernier cas, la pompe et la conduite principale sont fixées en permanence. Le principal désavantage du déplacement est le coût élevé de la main-d'oeuvre exigée pour transporter la tuyauterie.

Asperseurs géants

Un système d'aspersion géant comprend un ou plusieurs asperseurs lançant 100 ou plusieurs centaines de gallons d'eau à la minute sur une surface de 200 pi ou plus de diamètre (quelque 1000 L / min sur une surface de 60 m de diamètre).

Les désavantages des asperseurs géants sont le coût élevé de leur fonctionnement à cause de la pression élevée qu'ils exigent, du fort volume de l'application, et du manque d'uniformité de l'aspersion lorsqu'il vente. On peut surmonter ces désavantages jusqu'à un certain point en installant, sur une remorque, un asperseur formé d'une rampe rotative à nombreux gicleurs et pouvant mesurer jusqu'à 250 pi de long (76 m). Ces rampes d'aspersion fonctionnent à pression plus basse que les asperseurs géants ordinaires (80 lb / po^2 comparativement à 150-200 lb / po^2 (550 à 1030-1380 kPa), et ils assurent une application plus uniforme quand il vente.

Système à tuyauterie mobile

Ce système portatif est équipé de patins ou de roues de type pivotant à chaque raccordement. Le tuyau latéral d'aspersion est remorqué par l'extrémité en utilisant un camion ou un tracteur jusqu'au raccordement suivant à la conduite principale. Ces systèmes sont surtout adaptés à l'irrigation des pâturages et des cultures fourragères où la traction est assez facile pour le véhicule remorqueur.

Système à tuyauterie sur roues

Dans ce système, la tuyauterie latérale mesure habituellement 1 / 4 de mille (400 m) de long, est habituellement installée sur des roues de 5 à 6 pi (1,5 à 1,8 m) de diamètre à espacements de 40 pi (12 m) (figure 12). La conduite latérale est déménagée d'une prise d'eau à l'autre au moyen d'un moteur faisant tourner le tuyau qui sert d'essieu. Ce moteur ordinaire à essence et refroidi à l'air, est placé au centre de la tuyauterie latérale. Pour déplacer vers la prise d'eau suivante, on désaccouple la ligne latérale d'avec la conduite principale, puis à l'aide du moteur on déménage cette ligne latérale que l'on raccorde ailleurs à la conduite principale. Le tableau 2 compare le temps requis pour les diverses étapes de déplacement des systèmes à tuyauterie sur roues et à tuyauterie mobile déménagée à la main. La principale perte de temps avec le système à tuyauterie sur roue est le temps que l'on prend à drainer la ligne latérale. Le système éprouvé fonctionnait en terrain ondulé de sorte qu'une bonne partie du tuyau latéral devait être drainé par les quelques soupapes se trouvant dans des baissières. La main-d'oeuvre exigée pour déménager d'une extrémité du champ à l'autre afin de commencer une nouvelle irrigation était à peu près la même

Figure 11. Vue générale d'une rampe d'aspersion sur remorque.



Figure 12. Vue générale d'une tuyauterie latérale sur roues.

TABLEAU 2. TEMPS* REQUIS D'UN HOMME POUR DÉMÉNAGER DEUX TYPES DE TUYAUTERIE A ASPERSION SUR UNE DISTANCE DE 60 PIEDS (18 m)

Temps exigé pour	Tuyauterie sur roues	Tuyauterie mobile
Désaccoupler et raccorder conduite latérale mobile à la main		3
Désaccoupler une conduite latérale sur roues	3	
Drainer une conduite latérale sur roues	25	
Marcher jusqu'au moteur au centre de la conduite latérale sur roues	3	
Déplacer la conduite latérale de 60 pieds (18 m)	3	60
Retourner à la conduite principale	3	7
Raccorder la conduite latérale sur roues	2	
Total	39	70

* Minutes

dans les deux cas, soit deux hommes pendant 86 minutes pour le système sur roue, et quatre hommes pendant 40 minutes avec le système à tuyauterie mobile. Il faut un tracteur et une remorque avec le système mobile.

Le système à tuyauterie sur roues connaît beaucoup de vogue car son coût annuel d'exploitation est à peu près le même que pour le système mobile. Son principal désavantage est d'être limité aux cultures à croissance peu élevée car le tuyau se trouve à environ 3 pi (1 m) au-dessus du sol.

Une version modifiée du système à tuyauterie sur roues mais qui n'obtient pas beaucoup de succès comporte l'addition de lignes transportées par remorques; chacune de ces dernières compte jusqu'à trois asperseurs, ce qui veut dire que chaque jeu est l'équivalent de quatre conduites latérales ou de quatre déplacements. L'objectif est de réduire la main-d'oeuvre mais les risques pour les lignes remorquées de se prendre dans les cultures et d'être renversées ont tendance à annuler tout avantage d'économie de main-d'oeuvre.

Système à point central de pivotement

Dans ce système, l'approvisionnement d'eau arrive au centre d'un quart de section et la conduite latérale mesurant encore habituellement 1 / 4 de mille (400 m) de long est déplacée en cercle par moteur autour d'un point central de pivotement (figure 13). La conduite latérale est supportée sur des tours à deux roues ou à chemins de roulement habituellement espacées de 96 pi (29 m) l'une de l'autre. L'énergie du système peut provenir de quatre sources différentes:

- Commande hydraulique (avec eau — à piston
  — à asperseur
- Commande hydraulique (avec huile)
- Commande électrique
- Commande par air.

Les tours, le long de la conduite latérale, restent en position par un système d'alignement qui fait avancer plus rapidement une tour en retard et réduit la vitesse de celles qui prennent de l'avant. Le train de roues des tours peut être viré à 90° de sorte que la conduite latérale puisse être remorquée au quart de section suivant. L'utilisation d'un point central de pivotement sur deux quarts de section n'est pas chose rare dans les Prairies.

Les asperseurs le long de la conduite latérale sont calibrés de façon qu'une couche égale d'eau soit appliquée sur toute la longueur. La couche d'eau appliquée est réglée en choisissant la durée requise par révolution qui peut varier de huit heures (fraction de pouce) (moins de 2 cm) à 7 jours (plusieurs pouces) (quelques cm). La pression requise au centre est d'environ 80 lb / po² (550 kPa) et la capacité du système varie entre 750 et 1100 gpm (3410 et 5000 L / min).



Figure 13. Vue générale d'une conduite latérale d'un système à point central de pivotement.

Le coût initial d'un système à point central de pivotement utilisé sur deux quarts de section est à peu près le même que celui de deux installations de tuyauterie latérale sur roues (tableau 3). Les deux systèmes sont utilisés pour irriguer une demi-section, (130 ha) ainsi comme le système à point central de pivotement irrigue moins d'espace (il ne rejoint pas les coins), son coût est plus élevé.

Le système à point central de pivotement peut être utilisé pour les cultures à haute végétation parce que la tuyauterie latérale se trouve entre 7 à 9 pi (2,1 à 2,7 m) au-dessus du sol. Ses exigences en main-d'oeuvre sont faibles (50 heures par irrigation pour une demi-section, (130 ha), comparativement à 140 heures pour le système à tuyauterie sur roues).

TABLEAU 3. ESTIMATION COMPARATIVE DES COÛTS D'IRRIGATION

	Planches avec levées	Tuyauterie sur roues conduites latérales de 2-5 po (5 à 7,5 cm)	Point central de pivotement 1 quart de section	Point central de pivotement 2 quarts de section
Dépenses d'immobilisation à l'acre en $[1]	145	155	250	195[2]
Immobilisations annuelles à l'acre en $	13.05	19.25	31.05	24.15
Main-d'oeuvre en heures	230	210	50	150
Coût de la main-d'oeuvre à l'acre en $	4.50	4.50	1.10	2.00
Coût des réparations à l'acre en $	2.50	1.55	3.70	3.95
Coût de l'énergie (3 irrig.) en $[3]	1.50	7.80	12.00	11.60
Coût à l'acre par année en $	21.55	33.10	47.85	$ 41.70

[1] Moyenne des coûts en immobilisations de développement à l'entreprise d'irrigation de la rivière Saskatchewan-Sud (S S R I P): planches par levées: $145 l'acre ($358 / ha); par gravité en des raies d'irrigation: $120 l'acre ($296 / ha); par pompage en des raies d'irrigation: $145 l'acre ($358 / ha); par tuyauterie sur roues: $155 l'acre ($383 / ha); par point central de pivotement irriguant 1 quart de section: $250 l'acre ($618 / ha); par point central de pivotement irriguant 2 quarts de section: $195 l'acre ($482 / ha).

[2] Point central de pivotement déplacé pour irriguer deux quarts de section. Physiquement, ce système couvre 266 acres (91 ha) mais n'est généralement adéquat que pour 221 acres (89 ha) selon le taux de pompage.

[3] Coûts de fonctionnement de la pompe. Ces coûts sont inclus à l'égard de l'irrigation des planches par levées mais, selon la source d'eau, peuvent ne pas être requis.
Pour obtenir les coûts à l'hectare multiplier ceux à l'acre par 2,471

Un des désavantages du système à point central de pivotement est le taux élevé de l'application qu'il fournit à son extrémité extérieure, ce qui limite son utilisation aux sols à textures grossière et moyenne.

Système « Square-matic »

La plus récente innovation dans le domaine de l'irrigation est le système « Square-matic », ou système latéral rectiligne automoteur se déplaçant continuellement, qui ressemble à celui à tuyauterie sur roues en déplacement. Le concepteur de cet asperseur, soutient qu'il assure une couverture plus uniforme, qu'il exige une application plus faible et qu'il couvre complètement un quart de section, y compris les coins. Ce système peut se déplacer sur 1320 pieds (400 m) sans surveillance, après quoi il s'arrête automatiquement, pour que le préposé puisse déménager et raccorder les 600 pi (183 m) de tuyaux. Ce système franchit 1320 pi (400 m) en 12 à 48 heures et applique 1 / 2 à 2 po d'eau (13 à 50 mm). La moyenne des exigences en main-d'oeuvre pour 160 acres (60 ha) est d'environ 6 heures-homme.

Asperseurs mobiles

Ce système consiste en un asperseur géant installé sur une remorque et que déplace continuellement un treuil. Ce treuil est actionné par une turbine hydraulique utilisant le débit de l'eau qui se rend à l'asperseur ou bien par un petit moteur à essence ou à gaz combustible. Les asperseurs mobiles les plus communs sont alimentés par un tuyau flexible à partir de la conduite principale. On rencontre aussi un système d'asperseur plus mécanisé qui, en plus de l'asperseur, comprend une pompe, un appareil pour le guider le long des fossés et un barrage mobile, le tout installé sur un chariot à quatre roues, à cheval sur le fossé, actionné par un moteur. L'oscillation de l'asperseur ne représente qu'une partie de cercle de sorte que le chariot se déplace toujours sur un sol sec. L'utilisation de ce système est limitée aux sols à textures moyenne et grossière à cause du taux élevé de ses applications.

Systèmes d'asperseurs stationnaires

Il existe plusieurs sortes d'asperseurs stationnaires:

- *Système permanent* — comprend un réseau complet de conduites souterraines auxquelles des asperseurs sont fixés en permanence. Le système est habituellement muni de soupapes mises en fonctionnement par une minuterie, permettant d'irriguer les champs par zone.

- *Système permanent avec asperseurs transportables* — comprend un réseau complet de conduites souterraines munies de bouches d'eau de type à gazon. Ce système est divisé en zones mais le nombre d'asperseurs ne suffit que pour une ou deux zones à la fois, de sorte qu'il faut les déménager. Lorsque l'asperseur est enlevé de la bouche d'eau, il ne reste plus d'obstruction au-dessus du sol comme dans le premier système.

- *Système transportable* — ressemblant au premier, excepté que le réseau est placé à la surface du sol. On l'installe habituellement dans le champ au printemps et on l'enlève à l'automne. Il est transportable surtout pour qu'on puisse le déménager en changeant de culture, par exemple celle des pommes de terre qu'il suit d'un champ à l'autre selon la rotation.

• *Système à soupape d'alternance* (« *sequimatic* ») — avec ce système, la conduite alimentant les asperseurs peut être ou souterraine, ou en surface ou supportée au-dessus de la culture. Le caractère distinctif de ce système est la soupape d'alternance installée sur le tube vertical de l'asperseur et qui met celui-ci en marche ou l'arrête à partir d'un mécanisme de contrôle. Comme un seul des asperseurs de chaque conduite fonctionne à la fois, cette conduite est de petit diamètre. Au fonctionnement ce système ressemble à celui qui se déplace manuellement, mais les asperseurs sont perpendiculaires à leur conduite. Le premier jeu de fonctionnement est composé du premier asperseur de chaque conduite; le deuxième jeu, du deuxième asperseur de chaque conduite, et ainsi de suite.

En raison de son coût élevé, le système permanent est limité aux cultures spéciales comme les vergers et les cultures maraîchères. Il exige très peu de main-d'oeuvre et a l'avantage de pouvoir servir pour protéger contre les gelées.

Comparaison entre l'irrigation superficielle et l'irrigation par aspersion

Le principal avantage de l'irrigation par asperseur est son universalité. En plus de s'appliquer aux conditions convenant à l'irrigation en surface, elle peut être utilisée là où il est difficile ou peu pratique d'irriguer selon les méthodes superficielles. Les asperseurs, par exemple, s'adaptent parfaitement aux sols à texture grossière et aux topographies ondulées; en de telles conditions toute comparaison avec l'irrigation superficielle est d'importance minime ou nulle. Toutefois, dans les Prairies où le sol et la topographie conviennent généralement à l'irrigation superficielle, et où la saison de croissance est tellement brève qu'elle limite le type et le nombre des cultures qu'on peut y produire, il est essentiel de comparer les avantages des deux méthodes en prenant surtout en considération le facteur coût (tableau 4).

TABLEAU 4. ESTIMATION DU COÛT MÉDIAN A L'ACRE* POUR LA CULTURE DES CÉRÉALES, DES OLÉAGINEUX ET D'AUTRES CULTURES COMMERCIALES EN DIVERSES CONDITIONS[1]

	Irrigation superficielle		Irrigation par asperseurs	
	Conditions très favorables	Conditions très défavorables	Conditions très favorables	Coût d'installation élevé
	$	$	$	$
Coût de développement				
Nivellement du terrain	$60	$145	$ 0	$ 10
Planification, etc.	10	20	0	0
Pertes de récolte causées par le nivellement	20	40	0	0
Asperseurs			155	250
	90	205	155	260
Coûts annuels				
Frais fixes de développement [2]	8.10	18.00	19.25	32.30
Frais fixes de la machinerie [3]	2.00	2.00	2.00	2.00
Frais fixes de la machinerie	10.50	13.75	9.50	10.50
Coût de fonctionnement de la machinerie	7.00	9.50	6.50	7.00
Coût de fonctionnement du système d'asperseurs			7.80	12.00
Main-d'oeuvre — irrigation	4.00	8.00	4.00	2-6.00
— autres	12.00	15.00	11.00	12.00
Autres frais comptant [3]	15.00	15.00	15.00	15.00
Réduction des recettes nettes sur la partie en sol aride[4]		3.00		
Retour à la terre nue[3]	5.00	5.00	5.00	5.00
Sous-total	$63.40	$ 89.25	$ 80.05	$ 97.80 101.80

[1] Extrait d'un rapport non publié ayant pour titre « Costs and Returns on Seven Irrigated Farms in the S S R I P, » 1968 (S S R I P est le sigle de l'entreprise d'irrigation de la rivière de la Saskatchewan-Sud), ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan, Direction de l'économie et de la statistique.

[2] On a supposé que les asperseurs dureraient quinze ans. Intérêt à 9%. On a aussi supposé que le nivellement conserverait indéfiniment sa valeur. L'amortissement du nivellement en 30 ans ajouterait respectivement 80c. et $1.50 aux colonnes 1 et 2.

[3] Ces postes peuvent varier considérablement mais ne dépendent pas du genre d'irrigation.

[4] On a supposé que le terrain aride était taillé en petits champs de forme irrégulière.

* Pour obtenir les coûts à l'hectare multiplier ceux à l'acre par 2,471

Lorsque les conditions conviennent à l'irrigation superficielle, et que des cultures spéciales, comme celles de légumes ou de la betterave à sucre, forment une importante partie de la production, certains des avantages communément attribués au système par aspersion perdent de leur importance:

- Contrôle des faibles débits et de l'uniformité des applications, particulièrement peu importants lorsqu'on irrigue la luzerne sur des sols à textures variant de fine à moyenne où la couche d'eau appliquée par irrigation peut être de 4 à 5 pouces (10 à 13 cm).

- Économie d'eau — La différence est négligeable puisque les pertes ne sont pas excessives lorsque le type de sol convient à l'irrigation superficielle.

- Amélioration de l'irrigation avec de faibles débits — d'importance minime dans les Prairies où la plupart de l'eau est fournie par gravité à partir de réservoirs (les débits sont généralement faibles lorsque l'eau est pompée de puits).

- Élimination des fossés — ce facteur n'est pas important dans les Prairies à moins que toute la distribution se fasse par tuyauterie parce que les fossés ne prennent qu'environ 3% de la superficie. L'irrigation superficielle des planches par levées élimine les fossés de champs qui embarrassent car ils découpent de vastes champs en petites planches étroites et causent d'importants problèmes de mauvaises herbes.

Les principaux problèmes de l'aspersion soient: le coût élevé et un manque d'uniformité par temps venteux, se trouvent accentués dans les Prairies. La courte saison de végétation limite la production à l'acre et les périodes venteuses y sont fréquentes. Lors d'estimation des coûts d'irrigation à l'entreprise d'irrigation de la rivière Saskatchewan-Sud, on a préparé les tableaux suivants pour résumer les données concernant les coûts comparatifs.

Il en coûte généralement moins pour amener l'eau au sol avec les systèmes d'irrigation superficielle qu'avec les systèmes à asperseurs, mais les coûts de préparation du sol et ceux de la main-d'oeuvre sont plus élevés avec les premiers. Si l'on s'en tient aux frais globaux, il y a beaucoup de chevauchements entre les deux méthodes, car en certains cas, le coût total sera beaucoup plus faible pour l'irrigation superficielle, tandis qu'en d'autres, l'irrigation par aspersion coûtera moins. Souvent il y a peu de différences entre ces systèmes.

La qualité de l'eau d'irrigation est très bonne dans les Prairies parce qu'elle est habituellement de l'eau de surface provenant de la fonte des neiges. Les sols, cependant, ont tendance à être salins. Hobbs et Russel (3) ont étudié les effets des deux méthodes sur les changements de la salinité avec le temps et ont conclu que le sol irrigué par aspersion augmente sa salinité parce qu'il ne subit pas de lessivage.

Parfois, les asperseurs ont des effets salutaires ou nuisibles sur les plantes. Ainsi il arrive que le blanc s'attaque davantage aux haricots tandis que par ailleurs certaines cultures légumières sensibles donnent de meilleurs rendements lorsqu'on les irrigue par aspersion. A Lethbridge, Krogman et Torfason (7), après avoir étudié les effets des méthodes d'irrigation sur le rendement et la qualité des cultures légumières, ont conclu que « cette méthode d'irrigation n'influe pas de façon notoire sur les rendements et la qualité des tomates, des pommes de terre et des pois pourvu que le sol reçoive suffisamment d'eau au temps approprié ».

On recommande donc généralement dans les Prairies d'irriguer par les méthodes superficielles si la topographie et la texture du sol y sont favorables. Les asperseurs sont tout indiqués pour certaines cultures à hauts revenus avec exigences spéciales en eau et là où la topographie et la texture du sol ne conviennent pas à l'irrigation superficielle.

DRAINAGE DE SURFACE

Il faut prendre le drainage en considération aux stades de planification des projets d'irrigation, particulièrement s'il doit s'agir de méthodes superficielles. Le but est de drainer l'excédent d'eau d'irrigation à l'extrémité inférieure du champ. Le nivellement préliminaire du sol pour les méthodes superficielles d'irrigation fait disparaître les endroits bas, qui pourraient être inondés, de façon à ce que l'excédent d'eau puisse parvenir au canal de drainage. Il est rare que l'on doive niveler le terrain pour l'irrigation par aspersion; toutefois il convient d'éliminer des endroits bas afin d'éviter qu'ils soient inondés, ce qui cause des pertes de récolte et nuit au déplacement des asperseurs, particulièrement ceux qui se déménagent mécaniquement. L'égouttement et le nivellement des terrains éliminent les endroits inondés, améliorent les conditions du sol et préviennent la salinité, de même qu'ils parent à la teneur excessive en eau du sol ou à une nappe phréatique élevée. Le système d'égouttement est donc presque aussi essentiel que celui d'approvisionnement d'eau dans l'organisation d'installations permanentes d'irrigation pour une forte production agricole.

STRUCTURES ET MATÉRIELS

Structures et matériels pour l'irrigation superficielle

L'exactitude technique dans les plans, la construction et l'installation des ouvrages d'irrigation est essentielle à l'établissement et à la gestion d'une entreprise d'irrigation. Heureusement que la plupart de ces précautions sont sous la surveillance d'organismes comme l'ARAP du gouvernement fédéral et les ministères de l'Agriculture provinciaux. Presque tous les ouvrages sont maintenant faits de panneau préfabriqués en béton. Les producteurs particuliers pourraient trouver avantage à considérer ce genre de structures en cas de besoin pour un régulateur ou une chute d'assez grosse taille.

Régulateurs et vannes de réglage

Ce qui importe le plus pour un agriculteur parmi les structures d'irrigation requises avec la méthode superficielle, c'est une digue mobile ou un petit régulateur et une vanne de réglage permanents comme l'ouvrage en métal préfabriqué et de poids léger que montre la figure 14. La structure illustrée coûte à peu près le double d'une structure ordinaire en bois mais elle devrait durer très longtemps. Les vannes de réglage et les régulateurs peuvent aussi être faits de contreplaqué, préférablement traité avec un produit conservateur du bois par la méthode de traitement sous pression (figure 15).

L'installation de certaines structures, particulièrement des chutes et des régulateurs de chutes dans les canaux de distribution privés et les conduites principales peuvent causer certains problèmes hydrauliques. En peu de mots, ces problèmes tournent autour d'une augmentation de la vélocité de l'eau passant à travers la structure et la dispersion subséquente de l'énergie qui l'accompagne.



Figure 14. Structure d'irrigation préfabriquée en acier galvanisé.

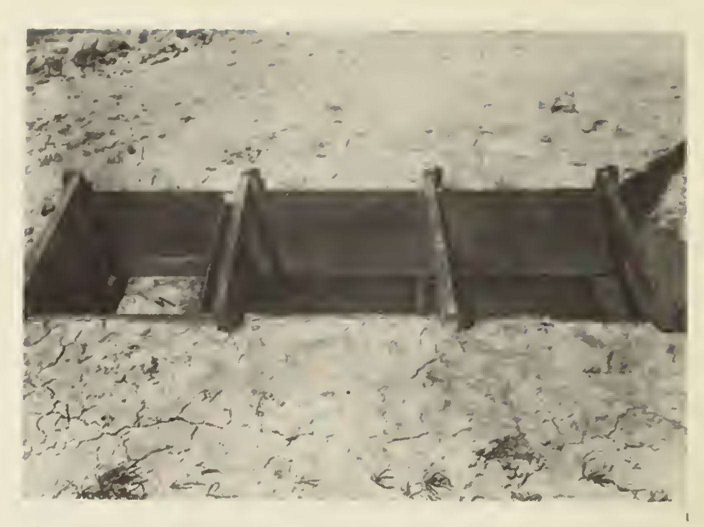


Figure 15. Structure d'irrigation faite de contreplaqué d'un pouce. Traité sous pression avec de la créosote.

L'écart de niveau, soit la différence entre l'élévation de l'eau en amont et en aval de la chute (figure 16) accroît la vélocité de l'eau qui y passe. Cet accroissement de vélocité s'accompagne d'un abaissement du niveau de l'eau, car l'aire de la section transversale du débit de l'eau sera réduit pour laisser passer la même quantité d'eau. La vélocité accrue cause un affouillement du fond et des côtés du fossé immédiatement en amont de la structure et produit de l'érosion en aval de la même structure. À moins de limiter ou de réduire cet affouillement et cette turbulence, la structure peut s'effondrer.

Une solution à ce problème, trouvée par la Direction de la conservation et de l'amélioration des sols (auparavant, la Direction de la conservation et de l'aménagement des sols) du ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan,* consiste à incorporer une crête surélevée dans le plan de la structure. Cette crête surélevée remplit deux fonctions; d'abord, en réduisant la charge sur le déversoir (figure 17) elle réduit la vélocité et du coup le rabattement; elle change aussi le rapport entre la hauteur et la tête de la chute, ce qui diminue le problème de l'érosion en aval en réduisant la distance « X ». L'amélioration du fonctionnement de la structure de la chute au moyen de la crête surélevée est indiquée en détail dans les plans S.P. 164G et S.P. 164H qui sont disponibles à la Direction de la conservation et de l'amélioration des sols du ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan, Edifice de l'Administration, Regina, Sask.

Prises d'eau

- Les tuyaux en argile vitrifiée sont en vogue parce qu'ils sont faciles à se procurer dans la taille habituellement requise (8 po de diamètre (20 cm), à environ $4 chacun), et ils ne s'endommagent pas

* Rapport non publié — *Hydraulic Model Study for Precast Concrete Vertical Drop Structures,* préparé par C.D. Smith pour la Direction de la conservation et de l'aménagement des sols, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan, Regina, Saskatchewan, août 1966.

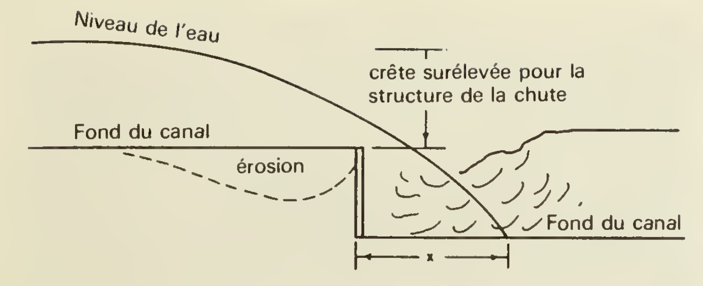


Figure 16. Dessin schématique indiquant les problèmes de rabattement et d'érosion au haut et au bas de la structure d'irrigation.

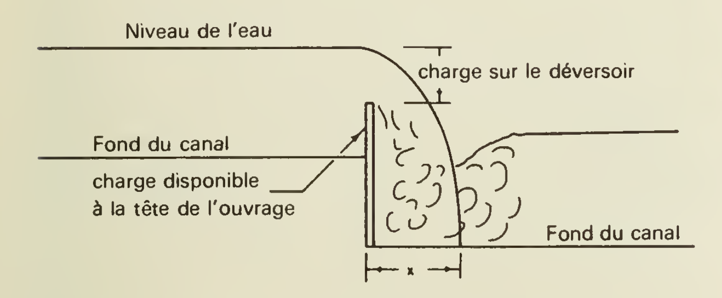


Figure 17. Dessin schématique indiquant l'utilisant d'une crête surélevée pour éliminer les problèmes d'érosion.

lorsque les canaux sont nettoyés par le brûlage. Toutefois, ce tuyau est lourd, ce qui rend son installation difficile, et sa longueur ordinaire n'est pas tout à fait suffisante pour de nombreuses installations. Ce tuyau se ferme simplement en posant un morceau de contreplaqué de 1 / 4 po (6 mm) sur son ouverture. Le radier de prise d'eau du tuyau devrait être plus bas que l'élévation du champ de la planche à bourrelet.

• Un dispositif d'arrêt de l'eau en acier galvanisé avec vanne est facile à installer et ne peut être endommagé par le feu. Son principal désavantage est son coût relativement élevé, soit de $10 à $15.

• Le contreplaqué est comparativement bon marché, léger et facile à manipuler, mais il est difficile à installer et peut brûler.

• Les tuyaux d'alimentation des rigoles peuvent se faire en clouant quatre lattes ensemble ou en coupant des tuyaux de 1 ou 1-1 / 2 po (25 ou 38 mm) en longueurs convenables. Ces tuyaux d'alimentation sont enfouis dans la gorge du canal d'irrigation de façon à se trouver à peu près au même niveau que le fond de la rigole.

Siphons

Les siphons (figure 18) peuvent être utilisés au lieu d'une prise d'eau ou d'une vanne pour faire dériver de l'eau du canal d'approvisionnement à la planche dans un système d'irrigation des planches par levée, ou au lieu de tuyaux d'alimentation pour distribuer l'eau aux rigoles particulières. Les siphons peuvent être faits d'aluminium, de plastic ou de



Figure 18. Irrigation par siphon.

caoutchouc, mais les plus communs sont en aluminium. Le débit de l'eau est réglé par la grosseur et le nombre des siphons utilisés, mais il peut être légèrement ajusté en élevant ou en abaissant l'extrémité de leur sortie. Ces réglages sont faciles à faire et les siphons sont faciles à amorcer lorsque le canal d'approvisionnement est placé sur un coussin pour assurer une hauteur de tête suffisante. Les siphons ne sont pas généralement acceptés à cause des dépenses additionnelles exigées pour relever le canal et la main-d'oeuvre requise pour faire entrer les siphons en fonctionnement et les problèmes qui se produisent évidemment lorsqu'ils se désamorcent.

Tuyau à vannes

Le système de tuyaux à vannes (figure 19) peut servir pour transporter l'eau et la distribuer. Le tuyau remplace le canal d'approvisionnement et l'eau est distribuée à des rigoles particulières par des vannes réglables dans le tuyau. Ces vannes peuvent être placées à n'importe quel espacement voulu et sont



Figure 19. Irrigation par tuyau à vannes.

habituellement disposées pour correspondre à l'écartement des rangs. On peut assurer un assez bon contrôle du débit car les vannes sont très faciles à régler.

Ce système n'exige que quelques pieds de hauteur à la tête pour fonctionner, ce qui peut souvent s'obtenir par gravité. Si une pompe s'avère nécessaire, le coût de l'énergie est beaucoup plus bas qu'avec les systèmes à aspersion car la pression requise est minime. Il faudrait considérer sérieusement le système de tuyau à vannes comme alternative à celui d'asperseurs sur terrain vallonneux qu'il serait trop coûteux d'aménager pour irrigation des planches avec levées.

Matériel de nivellement du sol

Le nivellement du sol et la préparation de levées sont décrits dans la publication n° 1145 du ministère de l'Agriculture du Canada, « *The Engineering Aspects of Land Levelling* » (10) aussi, nous n'en discuterons pas de façon détaillée ici. Généralement presque tout le nivellement est fait sous contrat. Le principal souci de l'agriculteur consiste à aplanir et égaliser le terrain, préparation très importante du sol qui doit se faire avant chaque ensemencement. Les travaux d'égalisation font disparaître toute irrégularité comme les dérayures et les pistes de tracteurs. L'enlèvement de ces irrégularités facilite l'irrigation, particulièrement la première qui se fait avant que la culture soit établie.

On recommande un aplanisseur à terrain pour les travaux d'égalisation. Il s'en trouve de diverses tailles (longueur et largeur), mais tout ce qui est essentiel à considérer est d'obtenir une machine aussi longue et rentable que possible. Avant de préparer les levées, il faut égaliser le sol en passant l'aplanisseur à deux ou trois reprises, chaque fois à un angle différent: les deux premières en directions diagonales et la dernière en travers de la pente. Aux années subséquentes, lorsque les levées sont établies, il n'y a pas d'alternative; il faut passer l'aplanisseur en montant et en descendant la pente entre les levées. Il faut faire chevaucher chaque passage de l'aplanisseur à au moins 50% sur le précédent.

L'aplanissement peut être facilité en accordant une attention particulière aux diverses façons culturales. Par exemple, un cultivateur rotatif lance moins de terre sur les côtés qu'une charrue; les pistes de tracteur seront aussi moins accentuées si les travaux dans les champs se font lorsque les conditions d'humidité du sol sont idéales. Surveiller la vitesse d'avance et le réglage du matériel; un changement de pénétration dans une partie du champ, par rapport à un autre produit habituellement des irrégularités en surface.

Matériel de construction pour levées

Les levées ne peuvent pas être faites tant que les travaux de nivellement ne sont pas terminés. Toutefois, la construction des levées dérange la surface nivelée à moins d'apporter de la terre d'ailleurs, ce qui n'est pas pratique. L'utilisation d'un cadre à bordoyage en A (figure 20) ou d'une disqueuse (figure 21) produit une levée en empruntant de la terre avoisinant la levée, ce qui laisse un centre de planche élevé avec une aire basse aux côtés. Une machine connue sous le nom de « dyking master » (figure 22) a été construite pour surmonter les problèmes que pose un cadre à bordoyage en A, et la terre qui forme la levée s'obtient de toute la surface de la planche. On peut obtenir des plans avec instructions pour la construction de cette machine en s'adressant à la Division des ressources hydrauliques, ministère de l'Environnement de l'Alberta, Lethbridge, Alberta. On peut aussi construire les levées en utilisant une lame niveleuse, préférablement avec un mécanisme de nivellement, qui lui aussi gratte toute la largeur de la planche.



Figure 20. Construction d'une levée avec un cadre à bordoyage en A.



Figure 21. Construction d'une levée avec charrue à doubles disques.

DIRECTION OF TRAVEL

HOOK UP AS
RIDGE ELIMINATOR

DIRECTION OF TRAVEL

CONSTRUCTED DYKE

HOOK UP AS
BORDER DYKER

Figure 22. Construction d'une levée avec un « dyking master ».

Matériel de construction de rigoles et de raies

Les raies et les rigoles se font habituellement après que les champs soient semés. On peut creuser les rigoles en tirant des sections de 2-1 / 2 à 4 pi (0,7 à 1,2 m) de long de tuyaux de 8 à 20 po (20 à 50 cm) sur la surface du sol. Pour que cette méthode donne satisfaction, il faut que la surface du terrain soit meuble et il peut s'avérer nécessaire de biseauter l'extrémité avant du tuyau pour qu'il ne s'enfonce pas dans le sol. Sur un sol ferme, il faut creuser les rigoles en employant des socs comme ceux de cultivateurs attachés à un attelage trois points (figure 23). Ces socs ne font que soulever le sol et le repousser hors de la rigole, laissant une berge de chaque côté de sorte que la surface du champ devient passablement raboteuse. Ce type de socs peut ne pas donner satisfaction en certaines conditions de sol et en terrains engazonnés. Il peut alors s'avérer nécessaire d'utiliser des instruments à socs plus lourds (figure 24) qui sortent le sol de la rigole au moyen de roues tranchantes et l'épandent entre les rigoles. Cette machine est adaptée aux sols serrés à texture fine et laisse le champ beaucoup plus uni pour le façonner, ce qui est définitivement à considérer dans le cas de cultures à croissance dense.



Figure 23. Rigoleuse à cinq rangs de type drainé.



Figure 24. Rigoleuse à cinq rangs de type à lames.

Entretien des canaux d'irrigation

La plupart de ceux qui font de l'irrigation ont subi la frustration d'un débit réduit par la présence de mauvaises herbes et de végétations dans le canal de distribution.

Le nettoyage mécanique en arrachant la végétation avec une machine à curer les fossés est comparativement simple, mais non acceptable parce qu'après l'avoir passé plusieurs fois, le fossé s'élargit trop. A ce point le coût devient un facteur important car survient un programme de reconstruction.

Le brûlage à l'automne coûte peu, mais il n'est efficace que pour la première irrigation de l'année suivante. On peut toujours brûler la végétation verte en utilisant un brûleur au gaz propane ou autre. Toutefois, cette méthode n'est pas encore généralement acceptée à cause du temps qu'elle exige pour deux brûlages par saison au coût de $40 à $50 par mille ($25 à 31 / km) de fossé chaque année.

On est à étudier l'utilisation de produits chimiques, particulièrement des stérilisants parce qu'ils pourraient permettre la répression de la végétation pendant de nombreuses années. La méthode actuellement étudiée consiste à appliquer des stérilisants à l'automne puis d'emmagasiner et d'évacuer la première eau sans s'en servir le printemps suivant. Jusqu'ici, l'étude a démontré que les stérilisants sont efficaces durant une période de 3 à 4 ans au coût annuel de $50 à $75 l'acre ($123 à 185 / ha). On n'a pas remarqué de dommages, sinon peu, dans les champs lorsque la première eau du printemps suivant l'application du produit chimique était emmagasinée puis évacuée sans s'en servir. Toutefois, parfois, lorsque l'eau s'est échappée du canal et a envahi le champ au cours du ruissellement printanier, le produit chimique a causé des dommages aux cultures. Un autre problème a été les dommages causés au canal par l'érosion dans les sols à texture grossière. On ne peut donc pas recommander encore l'utilisation des stérilisants. L'étude se continue en vue de surveiller le mouvement des stérilisants, pour évaluer l'action d'autres produits chimiques, par exemple ceux qui agissent par contact, et estimer l'efficacité d'autres méthodes de répression de la végétation comme la fauche, le brûlage et l'ensemencement des fossés avec des graminées à croissance courte.

Après leur troisième application annuelle (juin) les produits chimiques de contact semblent prometteurs, de même que l'ensemencement des bords du canal avec l'agropyre des berges, l'élyme de Russie ou la fétuque ovine.

Pompes

Il faut utiliser une pompe lorsque le niveau de l'eau est plus bas que celui du sol à irriguer ou lorsque l'on a opté pour la méthode d'irrigation par aspersion. Diverses sortes de pompes sont disponibles mais la plus communément employée est la pompe centrifuge.

Pompe centrifuge

La pompe centrifuge connaît beaucoup de vogue à cause de sa simplicité et parce qu'elle répond aux exigences d'une grande variété de conditions. Les pompes centrifuges sont construites aussi bien sur un axe horizontal que vertical. La pompe centrifuge verticale peut fonctionner sous ou au-dessus de la surface de l'eau, tandis que la pompe centrifuge horizontale ne fonctionne qu'au-dessus de la surface de l'eau. Dans les deux cas, lorsqu'il s'agit d'installations au-dessus du niveau de l'eau, il faut remplir (amorcer) le tuyau de succion

et en expulser tout l'air pour pouvoir les mettre en action. La pompe centrifuge horizontale (figure 25) est la plus utilisée parce qu'elle est plus facile à installer, mobile et plus acceptable pour inspection ou entretien. Comme ces pompes fournissent l'eau à des pressions variant de modérées à élevées, elles conviennent particulièrement à l'irrigation par aspersion.



Figure 25. Pompe centrifuge horizontale.

Pompe hélice

La pompe hélice est adaptée pour fournir de grandes quantités d'eau lorsque la source d'arrivée est à un bas niveau. À taille semblable, elle délivre plus d'eau que la pompe centrifuge et convient particulièrement bien aux méthodes d'irrigation superficielle et pour l'égouttement. Il existe deux genres de pompes hélices: la pompe axiale et la pompe hélico-centrifuge. La pompe axiale pousse l'eau vers le haut et l'action centrifuge n'y joue aucun rôle. Son hélice est semblable à celle d'un bateau. Elle est habituellement utilisée pour des hauteurs inférieures de 10 à 12 pieds (3,0 à 3,6 m). La pompe hélico-centrifuge fonctionne à des niveaux d'environ 20 à 40 pieds (6,0 à 12,0 m). Ce type ressemble au genre axial mais a des pales d'hélice recourbées, ce qui allie les principes axial et centrifuge pour accroître la pression. Ces pompes ne conviennent pas à l'élévation par succion de sorte qu'il faut submerger leur hélice. Il faut suivre soigneusement les directives du fabricant quant à la profondeur de submersion et l'écartement entre le fond et les murs de la prise d'eau du puisard.

Les pompes de toutes sortes peuvent être à une roue ou multicellulaires. Dans ces dernières, deux hélices ou davantage sont disposées en séries. Le volume du débit est le même que pour une seule hélice mais le total de la hauteur de refoulement d'une pompe multicellulaire est le produit de celle d'une roue multipliée par le nombre de roues. La turbo-pompe à récupération pour puits profond est une pompe spécialement adaptée pour les puits



Figure 26. Pompe centrifuge verticale (volume élevé et faible hauteur de refoulement.)

profonds tubés. Le diamètre de cette pompe est petit, sa dimension étant limitée par le tubage du puits, et on y utilise habituellement plusieurs cellules avec hélices. La turbo-pompe à récupération pour puits profond peut être utilisée là où la surface de l'eau se trouve à plusieurs centaines de pieds sous le sol.

Choix d'une pompe et de la source d'énergie

Il faut prendre soin de choisir une pompe qui répondra aux besoins. Le genre de pompe à utiliser dépend de l'installation globale et il faut alors tenir compte de nombreux facteurs dont les principaux sont:

- Type d'approvisionnement d'eau et quantité disponible.
- Hauteur d'élévation verticale pour la succion — différence d'élévation entre le bas niveau de l'eau et la pompe.
- Longueur et calibre du tuyau de succion requis.
- Hauteur d'élévation verticale pour la pression — différence d'élévation entre la pompe et le point le plus élevé du canal de décharge.
- Longueur et calibre du canal de décharge requis.
- Vannes et autres accessoires.
- Méthode d'irrigation.
- Superficie à irriguer et dimensions du champ.
- Type de sol.
- Énergie disponible.

La méthode recommandée, lorsqu'on achète une pompe, consiste donc à fournir au vendeur des renseignements pertinents pour que la pompe choisie réponde à des exigences déterminées. On recommande aussi d'acheter la pompe et la source d'énergie comme un ensemble afin de s'assurer que les deux se conviendront pour ce qui est de la puissance et de la vitesse.

Les besoins en énergie peuvent être calculés à l'aide de la formule suivante pour déterminer si un moteur disponible est satisfaisant.

$$BHP = \frac{\text{gpm U.S.} \times \text{hauteur de refoulement}}{3960 \times \text{efficacité}}$$

$$kW = \frac{\text{L / min} \times \text{hauteur de refoulement en m}}{6130 \times \text{efficacité}}$$

La disponibilité d'un tel groupe et ses spécifications doivent être connues au stade de la préparation des plans car le calibre des tuyaux peut parfois être décidé en vue de correspondre au potentiel du groupe d'énergie.

La hauteur de refoulement est la pression exprimée en pieds; elle inclut le niveau statique (différence d'élévation entre le niveau de l'eau jusqu'au point élevé de décharge), la résistance de friction dans la tuyauterie et les raccords ainsi que la pression requise au point de décharge. Chaque pompe centrifuge peut offrir une grande variété de combinaisons de décharges et de pressions, mais elle possède un point d'efficacité maximale ou une marge plutôt étroite d'efficacités optimales. L'efficacité maximale et la marge disponible de débits et de pressions disponibles à l'efficacité optimale dépendent des caractéristiques de la pompe. Ces renseignements sont fournis par la courbe caractéristique de la pompe. En étudiant les courbes caractéristiques, le vendeur de pompes en choisit une qui répond aux exigences du plan à efficacité maximale et optimale, puis calcule l'énergie dont on aura besoin.

Il faut choisir un groupe moteur qui assurera suffisamment d'énergie sous toutes les conditions qui se rencontreront probablement. Les moteurs électriques doivent être estimés pour un fonctionnement continu à 100%, de sorte que les HP (ou kW) que l'on a calculés être nécessaires, correspondent à la taille du moteur requis. Toutefois, pour les moteurs à combustion interne, il faut tenir compte des courbes d'efficacité du moteur. Généralement, les manufacturiers préparent un graphique avec trois courbes décrivant le nombre maximal de horse-power, les horse-power intermittents et les horse-power continus à diverses vitesses du moteur. La courbe des horse-power continue est le taux requis pour le fonctionnement de la pompe et cette courbe aura des valeurs allant jusqu'à 20% de moins que celles de la courbe maximale. La courbe des horse-power continus peut exiger d'autres redressements pour la température, l'élévation et les accessoires.

Conseils sur le fonctionnement de la pompe

Si la pompe ne s'amorce pas lorsqu'on la remplit d'eau,

- Le clapet de retenue peut être affecté par une fuite.
- Une partie du tuyau de succion peut être plus haut que la pompe de sorte qu'il s'y forme un bouchon d'air.
- De l'air peut être emprisonné dans le tuyau de succion s'il doit s'échapper par la même ouverture qui sert à y verser l'eau. Une bonne méthode consiste à ajouter l'eau dans une ouverture du tuyau de décharge au-dessus de la pompe et de laisser l'air s'échapper par l'ouverture au haut du corps de pompe.

Si la pompe cesse de s'amorcer en laissant échapper de l'air, soit par un dispositif d'amorçage ou une pompe à vide.

- Le clapet de retenue sur le côté de décharge de la pompe peut ne pas être fermé.

Si la pompe arrête de pomper, de l'air peut avoir pénétré dans le système pour une des causes suivantes:

- Il peut y avoir une fuite dans le tuyau de succion ou au bouchon de drainage de la pompe.
- La garniture de la pompe peut avoir une fuite excessive. Il faut alors ajuster les écrous de la garniture de la pompe pour réduire la fuite à seulement quelques gouttes à la minute.
- L'extrémité du tuyau de succion peut être insuffisamment submergée de sorte qu'il s'y forme un tourbillon qui permet à l'air de pénétrer dans le tuyau. Si la pression ou la décharge sont plus faibles qu'à l'ordinaire.
- La vitesse de la pompe peut être inférieure à la normale. Vérifier la vitesse du moteur et la possibilité de glissements de la courroie s'il ne s'agit pas d'un moteur à commande directe.
- La crépine ou le tuyau de succion peut être partiellement bloqué.
- L'extrémité du tuyau de succion peut être insuffisamment submergée.
- Globalement, la capacité pratique d'aspiration peut être excessive. La limite permise est d'environ 20 pi (6,0 m); si la pompe est à 15 pi (4,5 m) au-dessus de l'eau, il ne reste plus que 5 pi (1,5 m) pour la résistance de frottement dans le tuyau de succion et les raccords, ce qui peut être utilisé dans une conduite d'amenée de 35 à 40 pi (10,6 à 12,2 m). Pour un meilleur fonctionnement, il faut placer la pompe aussi près de la surface de l'eau que possible.
- La roue peut être partiellement bloquée.

Si la pompe prend plus d'énergie qu'il n'est spécifié,

- Vérifier la vitesse de rotation de la pompe.
- La hauteur manométrique totale (pression) peut être plus faible que calculée de sorte que la pompe fournit suffisamment d'eau en plus pour accroître le nombre de horse-power requis.

TABLEAU 5. COÛTS EN CAPITAL ET COÛTS ANNUELS POUR LE FONCTIONNEMENT DES POMPES CENTRIFUGES

Pouvoir	Durée d'utilisation	Horse-power	Heures par campagne	Capital	Coût en $ Coût annuel en $ par année [1]		
					Frais fixes[2]	Frais saisonniers[3]	Total
Diesel	moteur, 12 à 14 ans pompe, 15 ans	25	500	3800	530	310	840
			800			470	1000
			1000			570	1100
			1200			680	1210
			1400			790	1320
		50	500	4400	610	570	1180
			800			890	1500
			1000			1100	1710
			1200			1310	1920
			1400			1520	2130
		100	500	6600	920	1100	2020
			800			1720	2640
			1000			2150	3070
			1200			2570	3490
			1400			2990	3910
Électrique	moteur, 25 ans pompe, 15 ans	25	500	4200[4]	440	250	690
			800			420	860
			1000			460	900
			1200			500	940
			1400			550	990
		50	500	4800[4]	510	620	1130
			800			750	1260
			1000			840	1350
			1200			930	1440
			1400			1010	1520
		100	500	6500[4]	580	1170	1750
			800			1430	2010
			1000			1600	2180
			1200			1770	2350
			1400			1940	2520
Propane	Moteur, 10 à 12 ans	25	500	3700	580	440	1020
			800			680	1260
			1000			840	1420
			1200			990	1570
			1400			1150	1730
		50	500	4200	650	830	1480
			800			1310	1960
			1000			1620	2270
			1200			1940	2590
			1400			2250	2900
		100	500	6000	930	1620	2550
			800			2570	3500
			1000			3200	4130
			1200			3830	4760
			1400			4460	5390

[1] Les coûts ont été établis d'après l'expérience acquise par la Direction de la conservation et de l'amélioration des sols du ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan.

[2] Intérêt à 9%.

[3] Coûts pour la campagne: Diesel, 2c. BHP / hr pour le carburant, l'huile les lubrifiants et les réparations. Carburant à 31c. / gal; réparations de la pompe $50 / année. Électricité (Saskatchewan Power Corporation) taux de liste plus réparations de moteurs de $30, plus $50 pour réparation de pompe. Propane, 3c. / BHP / hr pour carburant, huile, les lubrifiants et les réparations. Carburant, 28c. / gal; réparations de pompe, $50 / année.

[4] Incluant prélèvement sur capital de la S P C (dont le coût dépendra cependant sur la proximité de la source de pouvoir triphasée.)

- La pompe et le moteur peuvent ne pas être alignés; la courroie de commande peut glisser.

Si la pompe est bruyante,
- La hauteur d'aspiration peut être trop élevée ou la submersion peut être insuffisante au point de causer la cavitation de la roue.
- L'axe peut être tordu, les coussins usés ou la pompe et le moteur peuvent ne pas être alignés.

Coûts de l'irrigation par pompage

Le besoin de pomper l'eau accroît le coût de l'irrigation. Les coûts de fonctionnement de la pompe sont directement reliés aux besoins en horse-power et aux heures de fonctionnement. Les coûts de pompage peuvent se partager en frais fixes et en frais saisonniers. Les frais fixes sont ceux qui se rapportent aux dépenses d'immobilisation et ils se produisent même quand la pompe ne fonctionne pas. D'autre part, les coûts saisonniers varient d'année en année selon l'utilisation des pompes.

Le tableau 5 résume les coûts de fonctionnement comparés de trois grosseurs de trois types différents de moteurs à l'égard de périodes de fonctionnement variées par saison. Les heures de pompage pour l'irrigation superficielle varient habituellement entre 300 et 500 par saison pour le système des planches par levées et vont jusqu'à 1000 pour celui de tuyaux commandés. Un système d'irrigation par aspersion exigera probablement de 1000 à au delà de 1200 heures.

Matériel d'irrigation par aspersion

Conseils pour le fonctionnement

La disposition généralement adoptée pour un système d'irrigation par aspersion consiste en une conduite principale qui descend au centre du champ et sur laquelle sont branchées, de chaque côté et à angle droit, deux ou quatre conduites latérales. En outre, le calibre de la conduite principale est habituellement déterminé en prévoyant que la moitié des conduites d'asperseurs commenceront à chaque extrémité de la conduite principale et seront déplacées vers le centre. Cette disposition réduit au minimum le calibre de la conduite principale parce que le débit global ne va pas au delà de ce point central. Si l'on change la disposition des asperseurs pour déplacer leurs conduites ensemble le long de la conduite principale, ils commencent ou finissent à l'extrémité de la conduite principale alors que la perte de friction s'y trouve la plus forte. Ceci réduit la pression aux asperseurs et l'uniformité de l'application d'eau en souffre. L'espacement habituel pour les asperseurs de type à pression dynamique à la grandeur d'un champ est de 40 pi sur 60 (12 x 18 m).

Des études faites à Swift Current (5) pour mesurer l'uniformité de l'application d'eau avec un système par aspersion et en tenant tout particulièrement compte de l'effet du vent, a démontré qu'il était pratiquement impossible d'obtenir un coefficient d'uniformité de 70% ou davantage lorsque la vitesse du vent dépassait 10 milles à l'heure (16 km / h). L'uniformité sur des superficies carrées de 50 pi sur 50 (15 x 15 m) n'est pas meilleure que sur des superficies rectangulaires de 40 pi sur 60 (12 x 18 m). Il n'y a pas eu d'amélioration notable tant que l'on n'a pas réduit l'espacement à 40 pi sur 40 (12 x 12 m), et comme un tel rapprochement augmente le coût de l'irrigation et n'est supérieur qu'aux périodes venteuses, la pratique générale continue à adopter les espacements de 40 pi sur 60 (12 x 18 m) lorsque l'on utilise un asperseur à gicleur simple ou double de type à pression dynamique fonctionnant sous pression d'environ 45 livres au pouce carré (310 kPa).

L'espacement recommandé pour un asperseur plus petit à jardin ou un asperseur à gicleur simple fonctionnant sous 25 à 30 lb de pression au pouce carré (170 à 200 kPa) à l'asperseur a été établi à 30 pi sur 30 (9 x 9 m) au cours de cette étude. Un asperseur à angle bas de ce calibre (communément utilisé pour l'irrigation sous les arbres dans la vallée de l'Okanagan en Colombie-Britannique) et un asperseur à angle bas de plein champ ont été soumis à des essais, mais après comparaison à l'égard d'espacements semblables, l'uniformité des applications d'eau s'est révélée inférieure à celle obtenue avec des asperseurs réguliers.

Soins du matériel d'aspersion

Garder le matériel d'irrigation par aspersion en bon état de fonctionnement n'est pas particulièrement difficile, mais c'est une pratique sage que de vérifier le système et de faire les réparations nécessaires avant de l'entreposer pour l'hiver.

Inspection et réparations
- Remplacer les joints d'étanchéité
- Enlever les entortillements des tuyaux, particulièrement aux extrémités.
- Remplacer les brides de raccordement fendues ou tordues.
- Vérifier tous les asperseurs et remplacer les rondelles de coussinets qui sont usées. Vérifier pour découvrir toute usure dans le gicleur en y insérant des fleurets jusqu'à obtention d'un ajustement parfait. Si le calibre du fleuret requis dépasse celui indiqué sur le gicleur par 1 / 64 de po (0,4 mm), il faut remplacer le gicleur. Les gicleurs agrandis peuvent être causes d'une ou deux situations à éviter: si la pompe et le moteur sont construits pour répondre aux exigences du calibre original du gicleur, la pression sera réduite et l'eau ne sera pas appliquée aussi uniformément que lorsque l'installation était neuve; par ailleurs, si la pompe et le moteur sont

plus puissants que requis, les gicleurs agrandis appliqueront plus d'eau qu'il n'était projeté au début.

• Rénover les filets des tuyaux s'ils sont endommagés. S'il y a beaucoup de filets endommagés, en prendre note pour ne pas oublier d'utiliser de la pâte à filet de tuyaux d'aluminium l'année suivante.

• Examiner la pompe et le moteur pour trouver les réparations dont ils auraient besoin. Si la pompe a fonctionné de façon satisfaisante, la seule chose qui soit pratiquement à vérifier est sa garniture d'étanchéité.

Entreposage

• Les conduites latérales des systèmes à tuyauterie sur roues peuvent être entreposées sur place mais il faut les désaccoupler à plusieurs endroits pour les protéger contre la contraction et les serrer solidement entre les roues pour prévenir tout dommage que pourrait causer les vibrations par le vent. S'assurer que les conduites latérales sont attachées pour empêcher le vent de les entraîner au loin.

• Les tuyaux, les accouplements et les raccordements peuvent être laissés en plein air mais il est à conseiller de les empiler sans contact au sol.

• Enlever le cuir du clapet de pied et le conserver dans l'huile.

• Désamorcer la pompe et laisser le robinet de vidange ouvert.

• Vidanger le carter du moteur, nettoyer les filtres à air et à huile, puis refaire le plein d'huile. Laisser tourner le moteur un peu de temps pour faire circuler l'huile.

• Vidanger le réservoir à carburant, la conduite et le carburateur pour empêcher les soupapes de se gommer.

RÉFÉRENCES

1. Davis, Sterling. 1967. Subsurface irrigation — how soon a reality! Agr. Eng. 48: 654-655
2. Haise, H. H., E.G. Kruse, et N.A. Dimick. 1965. Pneumatic valves for automation of irrigation systems. ARS 41-104.
3. Hobbs, E.H. et G.C. Russell. 1967. Salt accumulation as influenced by irrigation method. Can. J. Soil Sci. 47: 73.
4. Humphreys, A.S. 1967. Control structures for automatic surface irrigation systems. Trad. A.S.A.E. 10: 21-23, 27.
5. Korven, H.C. 1962. The effect of wind on the uniformity of water distribution by some rotary sprinklers. Sci. Agr. 32: 226-240.
6. Korven, H.C. 1962. Border ditch and border dyke irrigation. Trad. A.S.A.E. 5: 192-196.
7. Krogman, K.K., et W.E. Torfason. 1967. The influence of sprinkler vs. surface methods of irrigation on yields of tomatoes, potatoes and peas. Can. Agr. Eng. 9: 54-57.
8. Pohjakas, K. 1966. Distribution rates and patterns from plastic subirrigation pipe. Can. Agr. Eng. 8: 37-38.
9. Pohjakas, K., D.W.L. Read, et H.C. Korven. 1967. Consumptive use of water by crops at Swift Current, Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 47: 131-138.
10. Rapp, Egon. Engineering aspects of land leveling. Publ. n° 1145 du M.A.C., mai 1963.
11. Sonmor, L.G. 1963. Seasonal consumptive use of water by crops grown in Southern Alberta and its relationship to evaporation. Can. J. Soil Sci. 43: 287-297.
12. Stevenson, D.S. 1973. Guide to the design and operation of trickle irrigation systems. Station de recherches, Summerland, C.-B. Bulletin d'information.

DÉFINITIONS

Acre: 43 560 pi²; ou 0,404685 ha

Acre-pied: Quantité d'eau requise pour couvrir une acre d'une épaisseur d'un pied. 43 560 pieds cubes; 325 850 gallons américains; 270 000 gallons impériaux; 12 acres-pouce. Une épaisseur d'eau de 1 cm avec une surface de 1 m² représente 10 L. Sur un hectare ce sera 100 000 litres.

Acre-pouce: Quantité d'eau requise pour recouvrir une acre d'une épaisseur d'un pouce. 27 154 gallons américains; 22 500 gallons impériaux.

Besoins en eau d'irrigation: Quantité d'eau, non compris les précipitations efficaces, nécessaire pour la production de récoltes.

Canal de distribution: Canal établi à la partie supérieure d'un champ pour l'approvisionner en eau.

Capacité pratique totale d'aspiration: Somme de la hauteur géométrique d'aspiration plus la résistance de frottement dans le tuyau et les raccordements.

Charge statique: Distance entre le niveau de l'eau et le point élevé de décharge.

Consommation absolue d'eau: Quantité globale d'eau requise pour produire une culture, y compris la quantité utilisée par les plantes (transpiration) et celle qui est évaporée de la surface du sol; aussi appelée évapotranspiration saisonnière.

Déclivité du champ: Changement d'élévation d'un champ dans la direction de l'irrigation. Habituellement exprimée en pourcentage négatif.

Fossé de drainage. Fossé peu profond construit au moment du nivellement à l'extrémité inférieure du champ pour drainer l'excédent d'eau.

GPM: Gallons par minute ou litres à la minute (Des mesures américaines ont été utilisées dans ce texte parce que les données de documentation sur les pompes et les asperseurs sont exprimées en mesures américaines).

Hauteur géométrique d'aspiration: Distance verticale entre le niveau de l'eau et l'axe de la pompe.

Hauteur géométrique de refoulement: Distance verticale entre l'axe de la pompe et le point élevé de décharge.

Hauteur manométrique totale: Somme de la charge statique plus la résistance de frottement dans le tuyau, plus la pression requise au point de décharge.

Hauteur manométrique pratique de refoulement: Somme de la hauteur géométrique de refoulement plus la résistance de frottement dans le tuyau et les raccords, plus la pression requise au point de décharge.

Nivellements du sol: Changements apportés à la topographie dans le but de rendre le sol irrigable par des méthodes superficielles.

PCS: Pieds cubes par seconde; 7.48 gallons américains par seconde; 6.24 gallons impériaux par seconde 28,3 L / s; 450 gallons américains par minute; 375 gallons impériaux par minute; environ 2 acres-pied par jour; environ 1 acre-pouce à l'heure, 1703 L / min.

Pente transversale: Pente ou changement d'élévation d'un champ, perpendiculairement à la direction de l'irrigation. Habituellement exprimée en pourcentage.

Pied cube: 6.24 gallons impériaux; 7.48 gallons américains; 28,3 litres.

Régulateur: Ouvrage installé dans la berge d'un canal de distribution pour faire passer l'eau du canal de distribution au champ.

Rendement de l'apport d'eau au sol: Rapport entre l'épaisseur d'eau qui est emmagasinée dans la zone des racines et l'épaisseur d'eau appliquée.

Résistance de frottement dans le tuyau: Énergie consommée due au frottement de l'eau en se déplaçant le long de la paroi du tuyau.

Tuyau à vannes réglables: Tuyau portatif construit avec un certain nombre de petites vannes sur un côté pour que l'eau puisse s'en écouler dans les raies ou les rigoles.

Tuyau d'alimentation: Petite prise d'eau de distribution fournissant l'eau à une rigole.

FACTEURS DE CONVERSION VERS LE SYSTÈME MÉTRIQUE

Unités impériales	Facteur de conversion	Résultat en:	
MESURES DE LONGUEUR			
pouce	x 25	millimètre	(mm)
pied	x 30	centimètre	(cm)
verge	x 0,9	mètre	(m)
mille	x 1,6	kilomètre	(km)
MESURES DE SURFACE			
pouce carré	x 6,5	centimètre carré	(cm^2)
pied carré	x 0,09	mètre carré	(m^2)
acre	x 0,40	hectare	(ha)
MESURES DE VOLUME			
pouce cube	x 16	centimètre cube	(cm^3)
pied cube	x 28	décimètre cube	(dm^3)
verge cube	x 0,8	mètre cube	(m^3)
once liquide	x 28	millilitre	(mL)
chopine	x 0,57	litre	(L)
pinte	x 1,1	litre	(L)
gallon	x 4,5	litre	(L)
MESURES DE POIDS			
once	x 28	gramme	(g)
livre	x 0,45	kilogramme	(kg)
tonne courte (2000lb)	x 0,9	tonne	(t)
MESURE DE TEMPÉRATURE			
degrés Fahrenheit	(°F-32) x 0,56 ou (°F-32) x 5/9	degrés Celsius	(°C)
MESURE DE PRESSION			
livre au pouce carré	x 6,9	kilopascal	(kPa)
MESURE DE PUISSANCE			
horsepower*	x 746	watt	(W)
	x 0,75	kilowatt	(kW)
MESURES DE VITESSE			
pied à la seconde	x 0,30	mètre à la seconde	(m/s)
mille à l'heure	x 1,6	kilomètre à l'heure	(km/h)
MESURES AGRAIRES			
gallon à l'acre	x 11,23	litre à l'hectare	(L/ha)
pinte à l'acre	x 2,8	litre à l'hectare	(L/ha)
chopine à l'acre	x 1,4	litre à l'hectare	(L/ha)
once liquide à l'acre	x 70	millilitre à l'hectare	(mL/ha)
tonne à l'acre	x 2,24	tonne à l'hectare	(t/ha)
livre à l'acre	x 1,12	kilogramme à l'hectare	(kg/ha)
once à l'acre	x 70	gramme à l'hectare	(g/ha)
plants à l'acre	x 2,47	plants à l'hectare	(plants/ha)

*Le horsepower est une unité différente du cheval-vapeur.
Le signe décimal est une virgule.